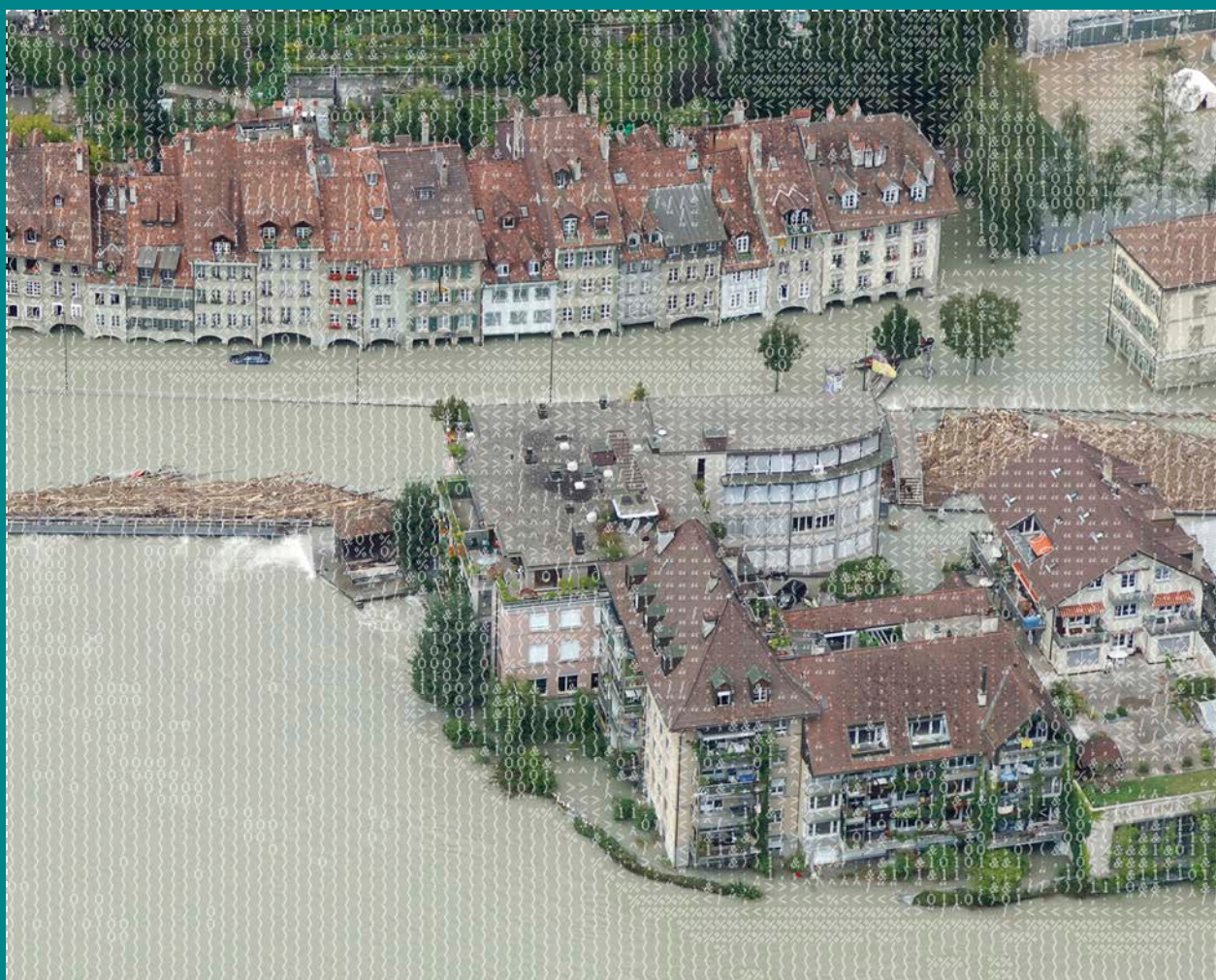


> De l'analyse des risques à la planification des mesures

Base de travail pour les projets de protection contre les crues



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> De l'analyse des risques à la planification des mesures

Base de travail pour les projets de protection contre les crues

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 3003 Berne
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Direction du projet

Dr. Markus Hostmann, Office fédéral de l'environnement (OFEV),
division Prévention des dangers
Martin Jordi, Association des établissements cantonaux d'assurance
incendie (AEAI)
Martin Wüthrich, Association Suisse d'Assurances (ASA)

Rédaction

Dr. Andy Kipfer, Maike Schneider, Dr. Serena Liener, geo7 AG

Groupe d'accompagnement et interlocuteurs lors des entretiens

Dörte Aller, Plate-forme nationale «Dangers naturels» (PLANAT)
Tony Arborino, Service des routes, transports et cours d'eau, État du Valais
Philippe Arnold, Office fédéral des routes (OFROU)
Gian Reto Bezzola, Office fédéral de l'environnement (OFEV), division
Prévention des dangers
Pascale Bongard-Ribordy, Section lacs et cours d'eau, État de Fribourg
Marcel Bräm, Office des ponts et chaussées, Ville de Zurich
Dina Brügger, Office des ponts et chaussées, Ville de Berne
Hans Bürer, Office des ponts et chaussées, canton des Grisons
Peter Burkhardt, Bâloise Assurances
Werner Fessler, Office des ponts et chaussées, canton de Nidwald
Mark Govoni, Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Droit
Roland Grütter, commune de Seeberg
Mirco Heidemann, Gebäudeversicherung, canton de Zurich
Beatrice Held, commune de Seeberg
Markus Klauser, Office des ponts et chaussées, canton de Nidwald
Rolf Krieg, Gebäudeversicherung Bern
Christoph Matti, Office des ponts et chaussées du canton de Berne,
arrondissement d'ingénieur en chef IV
Beat Meier, Nidwaldner Sachversicherung
Mathias Oplatka, Office pour les déchets, les eaux, l'énergie et l'air,
canton de Zurich
Christophe Joerin, Section lacs et cours d'eau, État de Fribourg
Andrea Pedrazzini, Office de l'environnement, canton du Jura
Daniel Pugin, Section lacs et cours d'eau, État de Fribourg
Marcel Roth, Office des ponts et chaussées, canton des Grisons
Laszlo Scheda, La Mobilière
Andreas Schild, Office fédéral de l'agriculture (OFAG)
Adrian Schertenleib, Office fédéral de l'environnement (OFEV), division
Prévention des dangers
David Siffert, Ville de Delémont
Reto Stockmann, Gebäudeversicherung Graubünden
Luzius Thomi, La Mobilière
Thomas Wüthrich, Office des ponts et chaussées du canton de Berne,
arrondissement d'ingénieur en chef II

Référence

Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) 2015: De l'analyse des
risques à la planification des mesures. Base de travail pour les projets
de protection contre les crues. Office fédéral de l'environnement,
Berne. Connaissance de l'environnement n° 1606: 89 p.

Graphisme, mise en page

Stefanie Studer, Künsten

Photo de couverture

Crue de l'Aar à Berne, août 2005
© Forces aériennes suisses

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/1606-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

© OFEV 2016

> Table des matières

Abstracts	5		
Avant-propos	7		
Résumé	8		
1 Introduction	10		
1.1 Contexte	10		
1.2 Positionnement de l'étude	11		
1.3 Intégration de l'étude dans la stratégie «Sécurité contre les dangers naturels» de la PLANAT	13		
1.4 Objectif	14		
2 Méthode d'analyse	15		
2.1 Démarche	15		
2.2 Conditions	15		
2.3 Études de cas	16		
3 Déroulement de la procédure – vue d'ensemble	19		
3.1 Phases et étapes de la procédure	19		
3.2 Moyen d'atteindre le niveau de sécurité visé	23		
4 Déroulement de la procédure: phases	25		
4.1 Phase «Bases»	25		
4.1.1 Organisation	25		
4.1.2 Acquisition des bases par thèmes	25		
4.1.3 Identification et classification des protagonistes	26		
4.1.4 Organisation du projet: définition de la structure et conditions cadres	29		
4.2 Phase «Analyse des risques»	31		
4.2.1 Organisation	31		
4.2.2 Menace	32		
4.2.3 Utilisation du sol	33		
4.2.4 Risque	34		
4.3 Phase «Appréciation des risques»	35		
4.3.1 Organisation	35		
4.3.2 Objectifs de protection	36		
4.3.3 Conditions cadres	39		
4.3.4 Objectif de projet	40		
4.4 Phase «Conception des mesures»	42		
4.4.1 Organisation	42		
4.4.2 Élaboration d'ébauches de solutions	43		
4.4.3 Comparaison, appréciation, définition, optimisation et examen des objectifs de mesures	44		
5 Questions et enseignements résultant des études de cas	48		
5.1 Vue d'ensemble	48		
5.2 Phase «Bases»	48		
5.2.1 Questions	48		
5.2.2 Enseignements tirés des études de cas	52		
5.3 Phase «Analyse des risques»	57		
5.3.1 Questions	57		
5.3.2 Enseignements	58		
5.4 Phase «Appréciation des risques»	65		
5.4.1 Questions	65		
5.4.2 Enseignements	66		
5.5 Phase «Conception des mesures»	67		
5.5.1 Questions	67		
5.5.2 Enseignements	68		
6 Synthèse	77		
Bibliographie	81		
Répertoires	84		
Glossaire	87		

> Abstracts

This publication presents a process for reaching the targeted level of safety in a concrete flood protection project. The central questions to be answered with a view to defining the level of safety to be targeted are listed for each phase in the planning process. Experience gained from the examined case studies form an important component of the report. This working aid is aimed at experts who are responsible for the planning of flood protection projects in the cantons, communes and private sector.

Diese Publikation stellt einen Prozess vor, wie das angestrebte Sicherheitsniveau in einem konkreten Hochwasserschutzprojekt erreicht werden kann. Für jede Prozessphase werden die zentralen Fragestellungen aufgeführt, welche für die Festlegung des anzustrebenden Sicherheitsniveaus zu beantworten sind. Einen wichtigen Teil des Berichtes bilden Erfahrungen, welche aus den untersuchten Fallstudien gewonnen wurden. Die vorliegende Arbeitshilfe richtet sich an Fachpersonen, welche in Kantonen, Gemeinden und Privatwirtschaft für die Planung von Hochwasserschutzprojekten zuständig sind.

Cette publication présente une procédure permettant d'atteindre le niveau de sécurité visé dans un projet concret de protection contre les crues. À cette fin, elle formule pour chaque étape les questions centrales auxquelles il s'agit de répondre. Elle s'appuie en outre essentiellement sur les enseignements tirés des études de cas. Cette base de travail s'adresse aux spécialistes responsables de la planification des projets de protection contre les crues dans les cantons, les communes et le secteur privé.

La presente pubblicazione illustra il processo che consente di raggiungere concretamente il livello di sicurezza auspicato nell'ambito di un progetto di protezione contro le piene. Per ogni fase del processo sono elencate le questioni fondamentali da risolvere al fine di ottenere il livello di sicurezza auspicato. Una parte importante del rapporto è costituita dalle esperienze evinte dagli studi di caso analizzati. Questo strumento di lavoro è destinato agli specialisti che sono responsabili nei Cantoni, nei Comuni o nell'economia privata della pianificazione di progetti di protezione contro le piene.

Keywords:

Integrated risk management,
level of safety,
protection objective,
project objective

Stichwörter:

Integrales Risikomanagement,
Sicherheitsniveau,
Schutzziel,
Projektziel

Mots-clés:

Gestion intégrée des risques,
niveau de sécurité,
objectif de protection,
objectif de projet

Parole chiave:

Gestione integrale dei rischi,
livello di sicurezza,
obiettivo di protezione,
obiettivo del progetto

> Avant-propos

Une protection absolue contre les dangers naturels n'existe pas. Ce constat n'est pas nouveau. Les intempéries dévastatrices de 1987 et des années 90 avaient déjà montré qu'il fallait intervenir dans la gestion des dangers naturels. En même temps, on a compris que les objets et biens matériels ne pouvaient pas tous être protégés de la même manière. En conséquence, la Confédération, les cantons et la PLANAT ont élaboré ensemble une nouvelle stratégie de gestion des dangers naturels, dont l'élément central est la différenciation des objectifs de protection, conformément à la directive «Protection contre les crues des cours d'eau» de 2001. Depuis, la stratégie «Sécurité contre les dangers naturels» a été développée en plusieurs étapes, et différentes publications ont été rédigées.

La stratégie «Sécurité contre les dangers naturels» poursuit les objectifs suivants:

- > Sur tout le territoire suisse, on recherche un niveau de sécurité comparable pour tous les dangers naturels qui soit écologiquement supportable, économiquement rationnel et socialement acceptable.
- > Les déficits de protection en matière de risques naturels doivent être comblés dans une large mesure d'ici à 2030.
- > Un équilibre optimal et durable entre le niveau de sécurité exigé d'une part et sa faisabilité financière d'autre part doit être trouvé.

Sur le plan stratégique, la Suisse dispose de très bonnes bases pour la gestion des dangers naturels. Néanmoins, ces documents stratégiques n'apportent qu'une aide limitée lorsqu'il s'agit de définir le niveau de sécurité à atteindre pour un projet de protection concret. Lors de la répartition des tâches entre les pouvoirs publics et les assurances, il a souvent paru nécessaire de développer une procédure indiquant comment des objectifs de projets de protection contre les crues pouvaient être fixés compte tenu des risques et des conditions locales.

La présente publication comble cette lacune. À partir des enseignements tirés de huit projets de protection contre les crues dans toute la Suisse, une procédure a été mise au point indiquant comment atteindre le niveau de sécurité visé dans un projet concret de protection contre les crues. Il faut toutefois signaler que ce rapport n'apporte pas de solutions universelles et toutes faites, car chaque projet présente des conditions différentes.

Cette publication formule les questions centrales auxquelles il faut répondre pour déterminer le niveau de sécurité à atteindre. Les enseignements tirés d'entretiens avec des experts et des études de cas de divers projets de protection contre les crues constituent une partie essentielle de ce rapport.

Ce rapport contribue donc largement à la mise en œuvre de la stratégie «Sécurité contre les dangers naturels».

Josef Hess
Sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

«Projets de protection contre les crues: de l'analyse des risques à la planification des mesures»

> Résumé

Des catastrophes de grande ampleur et la sensibilisation générale en matière d'environnement ont abouti ces dernières années au constat suivant: les stratégies de protection contre les dangers naturels en Suisse doivent reposer sur une approche globale et durable. Pour cela, il faut atteindre et maintenir un niveau de sécurité qui soit écologiquement supportable, économiquement rationnel et socialement acceptable. En dépit des efforts considérables des communes, des cantons et de la Confédération pour protéger la population, les biens matériels et les ressources naturelles contre les dangers naturels, les dommages provoqués par les crues, les tempêtes ou la grêle ont considérablement augmenté ces dernières années. Aujourd'hui, il est indéniable qu'une protection complète contre les dangers naturels est irréaliste et hors de prix. Les moyens restreints doivent donc être utilisés le plus efficacement possible. La question-clé est la suivante:

«Comment procéder pour atteindre et maintenir à long terme un niveau de sécurité qui soit financièrement faisable et dont les risques résiduels peuvent être acceptés?»

Cette publication se base sur la stratégie globale de la PLANAT visant l'amélioration de la sécurité contre les dangers naturels. Elle montre comment mettre en œuvre concrètement la procédure allant de l'analyse des risques à la planification des mesures pour des projets de protection contre les crues. Pour cela, elle s'appuie sur l'étude de huit projets de protection contre les crues choisis dans différents cantons suisses ainsi que sur l'échange avec un groupe d'experts accompagnant le projet. Voici les principaux résultats, qui ont pu être obtenus à partir des recoupements de la stratégie globale et des enseignements et des outils issus de la pratique.

- > un modèle de procédure visant à définir les objectifs de mesures dont la mise en œuvre doit permettre d'atteindre et de maintenir à long terme le niveau de sécurité recherché en matière de crues en Suisse, et
- > la documentation d'enseignements tirés de la pratique:

Les deux parties de ce rapport doivent aider les décideurs politiques et administratifs à tous les échelons et les entreprises publiques et privées à réaliser des projets de protection contre les crues de manière ciblée et efficace. La procédure présentée et les enseignements peuvent aussi servir de références à un public d'experts intéressé.

En dépit des contextes très différents des cas étudiés (entre autres, par rapport à la taille du projet, à la situation de danger et aux biens à protéger), la manière de procéder (de l'analyse des risques à la planification des mesures) est chaque fois la même. Après filtrage et acquisition des principales bases du projet, une analyse des risques est effectuée. Le risque est ensuite évalué. En dernier lieu, des mesures sont élaborées. Il est rare que ces quatre phases se déroulent de façon linéaire. Grâce à la collecte d'informations au fur et à mesure que le projet avance, que ce soit sur la situation de danger et de risque ou sur les différentes contraintes, certaines données peuvent et doivent être constamment complétées ou précisées. Cette manière de procéder est généralement

nécessaire et pertinente, mais semble souvent pénible au premier abord. L'idée n'est pas de tout détailler avant de commencer, mais de couvrir un maximum de domaines et d'obstacles pour éviter des démarches supplémentaires, longues et inutiles.

En guise d'aide, ce rapport formule des questions fondamentales, qui doivent être posées pour chaque projet, indépendamment de sa taille, des conditions cadres et du contexte, et auxquelles des réponses doivent être fournies. Ces questions sont complétées par les retours d'expériences tirées de huit études de cas et des entretiens avec des experts. Des modèles de stratégies et des possibilités pour aboutir avec succès à un projet de protection contre les crues sont ensuite proposés.

Les enseignements essentiels du présent rapport sont les suivants:

- > Une protection globale contre les crues n'est possible qu'avec la combinaison de différents types de mesures (techniques, organisationnelles, d'aménagement du territoire, d'entretien et d'intervention).
- > Les conditions cadres extérieures, largement dépendantes du site et du contexte, ont une forte influence sur le choix des mesures, et doivent donc être identifiées précocement et prises en compte pour définir les objectifs des mesures.
- > Une combinaison parfaite de mesures de protection contre les crues écartant tout risque n'existe quasiment pas. Plusieurs facteurs doivent être évalués et comparés les uns aux autres avant que des mesures soient prises.
- > Un objectif de projet n'est pas strictement lié à un objectif de protection général. Il peut être négocié et adapté aux conditions locales. Certaines conditions restrictives (p.ex. manque d'espace) peuvent se traduire par un abaissement des objectifs. À l'inverse, des réflexions sur les risques (p.ex. fort potentiel de dommages) peuvent entraîner un relèvement de l'objectif du projet.
- > La définition d'objectifs de mesures est une tâche commune, qui engage tout le monde et dans laquelle toutes les entités concernées générant un risque ou assumant une responsabilité doivent donc s'impliquer.
- > La gestion du risque résiduel doit avoir lieu assez tôt avec l'ensemble des protagonistes impliqués et être acceptée.
- > Le maintien durable de la sécurité atteinte est un aspect central. Par ailleurs, il faut aussi enrayer l'augmentation continue du risque – car une longue période peut s'écouler jusqu'à la mise en œuvre complète d'un projet.

La procédure décrite dans ce document (de l'analyse des risques à la planification des mesures) a été développée à partir de projets de protection contre les crues. En principe, elle doit pouvoir également s'appliquer à d'autres processus dangereux du domaine des dangers naturels (p.ex. avalanches, tempêtes, grêle), puisque le principe de base de recherche de solutions est identique. Mais selon le processus, d'autres éléments peuvent se révéler importants car, pour les tempêtes ou la grêle notamment, le lien avec le site ou le caractère influençable du danger disparaissent.

Il existe un large éventail d'événements dont les conséquences peuvent être dommageables aux personnes et à leurs conditions d'existence. Cette publication n'en couvre qu'une petite partie. Dans le cadre d'une gestion intégrée des risques, il est essentiel d'englober constamment et systématiquement tous les risques. Les risques existants et futurs sont ensuite gérés grâce à la planification et à la réalisation de mesures.

1 > Introduction

1.1 Contexte

La protection contre les dangers naturels a toujours été pour la Suisse, pays de montagnes, une condition essentielle au développement économique et social. Mais la fréquence des intempéries entraînant des dégâts importants depuis 1987 a encore renforcé son importance et permis une prise de conscience du grand public et du monde politique. Au cours des dernières décennies, des efforts considérables ont donc été réalisés à tous les niveaux pour protéger la population et les biens matériels des dangers naturels. Malgré tout, les dommages causés par les crues, les tempêtes et la grêle se sont multipliés ces dernières années. Ce qui prouve que la protection contre les dangers naturels est une tâche permanente, qui concerne l'ensemble de la population.

La gestion durable des dangers naturels implique une gestion intégrée des risques, incluant mesures constructives, biologiques, territoriales et organisationnelles, couverture d'assurance et responsabilisation des personnes concernées. Pour cela, il faut atteindre et maintenir un niveau de sécurité, qui soit écologiquement supportable, économiquement rationnel et socialement acceptable [12]. Cependant, une protection absolue contre les dangers naturels n'existe pas. C'est pourquoi, les questions délicates comme «*Quelle sécurité à quel prix?*» et «*Quels risques résiduels faut-il accepter?*» ne doivent pas être négligées.

Lors de la répartition des tâches entre les pouvoirs publics et les assurances, il a paru nécessaire de développer une procédure indiquant comment des objectifs de projets de protection contre les crues pouvaient être fixés par rapport aux risques. Les objectifs de projet doivent être définis compte tenu des conditions locales et avec la participation des différents protagonistes. Ce rapport est donc un projet commun entre l'Association Suisse d'Assurances (ASA), l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie (AEAI) et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Il est indéniable aujourd'hui qu'une protection intégrale contre les dangers naturels est irréaliste et hors de prix. Les moyens restreints doivent donc être utilisés le plus efficacement possible. La question du niveau de sécurité est essentielle à cet égard. La définition d'objectifs de protection généraux apporte une première réponse à cette question. Ces dernières années, des objectifs de protection ont été fixés par différents protagonistes en Suisse. Le rapport de la PLANAT sur la Stratégie «dangers naturels» Suisse [14] décrit en détail la fonction des objectifs de protection.

Chaque projet de protection contre les crues se distingue par une situation de risque et des conditions cadres spécifiques. Ainsi, il est possible que l'objectif d'un projet diffère de l'objectif global. L'objectif d'un projet définit le niveau de sécurité à atteindre dans le cadre d'un projet concret. Habituellement, un projet se compose d'une

combinaison de différentes mesures. Le niveau de sécurité qu'une mesure spécifique vise à atteindre est décrit par un objectif de mesure. Le présent document expose comment des objectifs de mesures peuvent être définis dans le cadre d'un projet concret compte tenu des risques et de différents aspects (économiques, écologiques et sociaux) ([3], [8], [11], [14]).

1.2 Positionnement de l'étude

Il existe un large éventail d'évènements dont les conséquences peuvent être dommageables aux personnes et à leurs conditions d'existence. Les mises en danger peuvent être d'origine naturelle, technique ou sociétale [2]. Le présent rapport se focalise sur les dangers naturels, et plus précisément sur les crues. Les autres types de dangers ne sont pas traités ici. Les résultats pourraient néanmoins être transférés ultérieurement à d'autres types de dangers. Logiquement, la procédure abordée ci-après selon l'exemple de la protection contre les crues s'applique également à l'approche globale des risques liés aux dangers naturels.

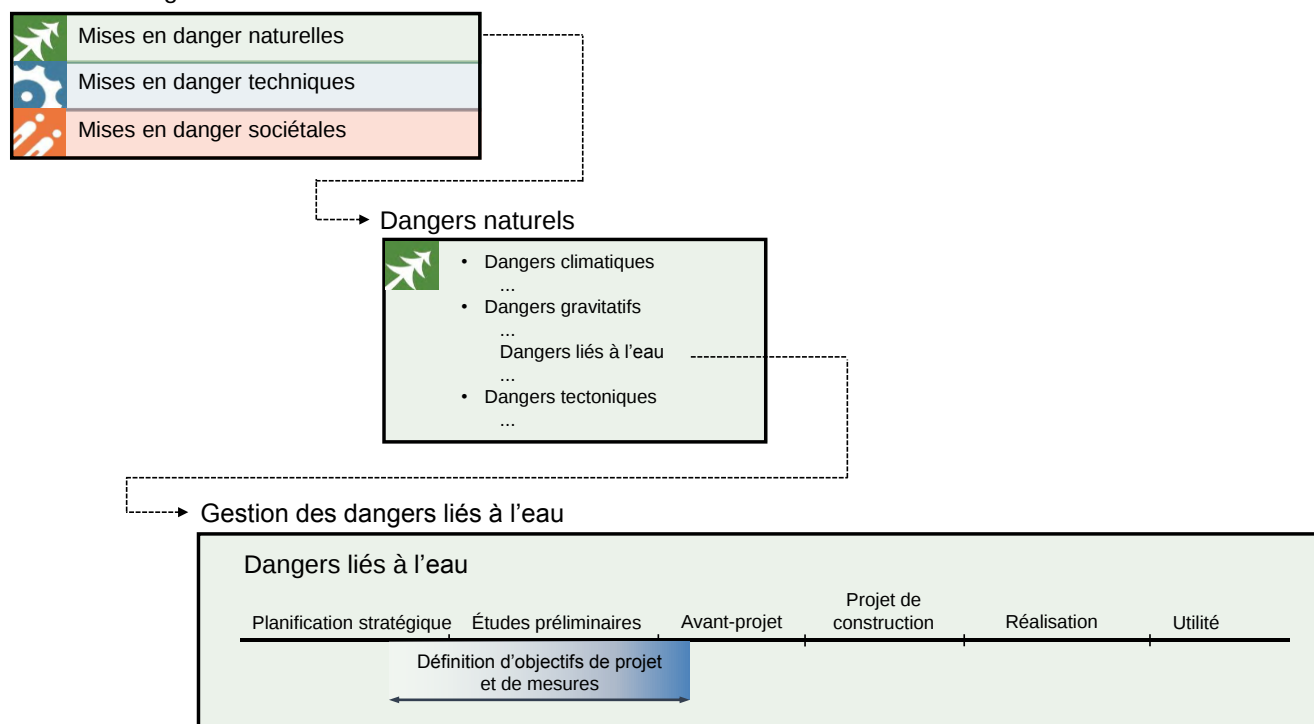
La gestion des crues est une tâche permanente. La présente publication s'intéresse à une partie de cette tâche, à savoir la définition d'objectifs de mesures. Cette étude n'englobe pas la reconnaissance de la nécessité d'intervenir dans un domaine spécifique et des mesures à étudier et à prendre. Ce constat peut, par exemple, résulter d'une vue d'ensemble des risques au niveau cantonal ou régional. Par ailleurs, la mise en œuvre concrète des mesures, notamment dans le cadre d'un projet de construction, ne fait pas non plus l'objet de cette étude.

La figure 1 montre le positionnement de l'étude dans un vaste système de gestion des risques.

Fig. 1 > Positionnement de l'étude dans le système de gestion des risques

À partir de [2], [4] et [9].

Mises en danger



Source: basé sur OFPP (2013), Hostmann Markus et al. (2005) et OFEG (2001)

1.3

Intégration de l'étude dans la stratégie «Sécurité contre les dangers naturels» de la PLANAT

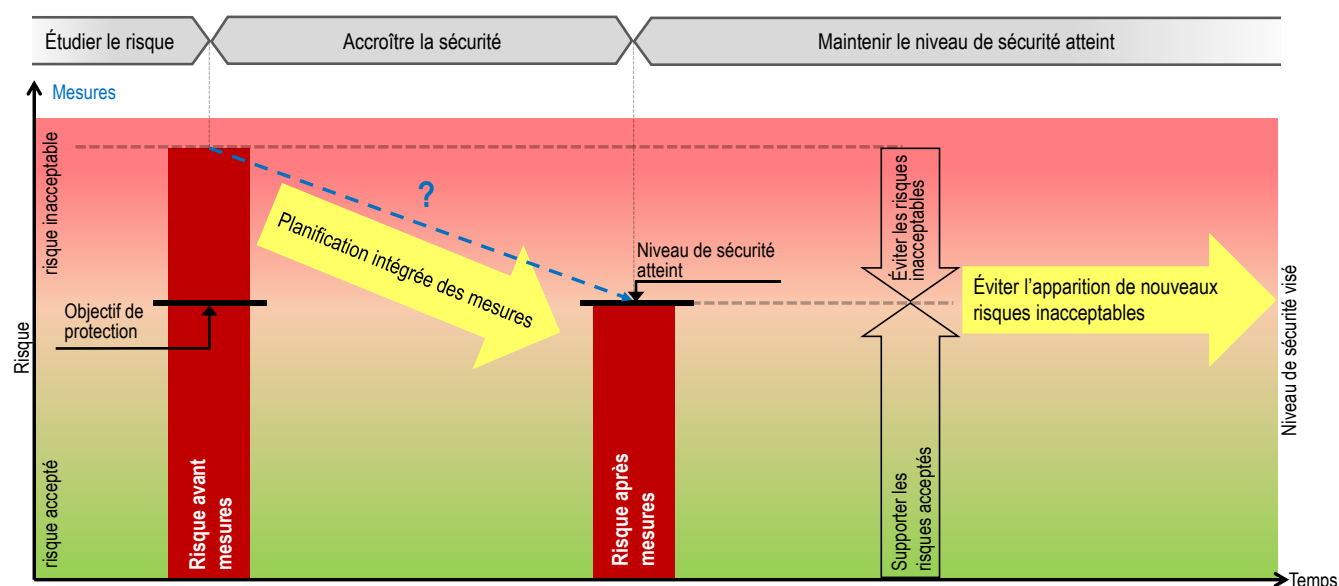
Dans le but «d'empêcher une augmentation des dommages, de protéger notre milieu de vie dans une perspective durable et d'améliorer la prévention», le Conseil fédéral a institué en 1997 la Plate-forme nationale «Dangers naturels» PLANAT. La stratégie «Sécurité contre les dangers naturels» formulée par la PLANAT en 2003 vise un niveau de sécurité durable et comparable partout en Suisse, pour tous les dangers naturels [12]. Le présent rapport se base sur cette stratégie qui a pour but de sensibiliser à un mode de pensée basé sur les risques et d'encourager la gestion intégrée des risques dans le domaine des dangers naturels. La démarche, proposée par la PLANAT pour atteindre et maintenir le niveau de sécurité visé, est représentée schématiquement dans la figure 2. Elle constitue la base du présent projet. Les différentes étapes allant de l'analyse des risques à la planification des mesures pour des projets de protection contre les crues sont décrites ci-dessous à l'aide de la figure 2.

Fig. 2 > Procédure pour atteindre le niveau de sécurité visé dans le domaine des dangers naturels (PLANAT), notamment des crues (présente publication) (selon [12])

Évaluation du risque: les objectifs de protection permettent aux entités assumant une responsabilité d'examiner régulièrement les besoins dans leur domaine de compétence. L'identification du risque global et son suivi sont une tâche commune.

Sécurité accrue: planification et mise en œuvre des mesures intégrées avec l'ensemble des protagonistes concernés afin de stabiliser et de réduire le risque. Les objectifs des mesures sont la base de la planification intégrée des mesures et décrivent la procédure permettant de passer de l'état de «Risque actuel» à l'état de «Risque après mesures».

Maintien de la sécurité atteinte: la sécurité obtenue est maintenue durablement par l'ensemble des protagonistes.



Source: PLANAT 2013

À l'inverse de la PLANAT, qui considère l'ensemble de la procédure (de l'examen du risque jusqu'au maintien de la sécurité atteinte) pour tous les dangers naturels, le présent document se concentre sur la définition d'objectifs de mesures durant la phase «accroître la sécurité» (cf. flèche bleue dans la fig. 2) et se limite aux crues.

1.4 Objectif

La question-clé de la présente étude est la suivante:

«Comment procéder pour atteindre et maintenir à long terme un niveau de sécurité qui soit supportable financièrement et dont les risques résiduels soient acceptables?»

Il faut donc indiquer:

- > comment doit se dérouler la procédure permettant de passer de l'état de «Risque actuel» à l'état de «Risque après mesures» (cf. fig. 2).
- > comment faire coïncider durablement le niveau de sécurité visé et la sécurité atteinte.
- > quelles mesures peuvent contribuer à l'objectif.
- > quels objectifs les différentes mesures («objectifs de mesures») visent-elles et comment ceux-ci doivent être fixés.
- > quelles bases ou informations sont nécessaires pour atteindre les objectifs.
- > quels protagonistes doivent être impliqués.
- > comment les risques résiduels doivent être gérés.

Les procédures et enseignements présentées dans ce rapport doivent aider les cantons, les communes ainsi que les entreprises privées à réaliser des projets le plus efficacement possible. Mais leur mise en œuvre doit être adaptée à chaque situation concrète. Les questions et étapes sont en principe les mêmes pour chaque projet.

Ce rapport s'adresse à un public de spécialistes disposant de connaissances de base en matière de gestion des crues et de gestion des risques liés aux dangers naturels.

2 > Méthode d'analyse

2.1 Démarche

Les résultats de cette étude doivent s'appuyer sur les enseignements et les outils tirés de la pratique. L'analyse de huit études de cas dans toute la Suisse (incluant des entretiens avec des experts) et les échanges avec un groupe de spécialistes accompagnant le projet constituent donc la base des travaux.

Le projet comprend trois grandes étapes:

1. analyse de huit projets de protection contre les crues dans différents cantons servant d'études de cas (cf. 2.3);
2. synthèse des études de cas;
3. élaboration d'une procédure pour définir des objectifs de mesures en se basant sur les risques et la documentation des enseignements tirés des projets (cf. chap 4 à 5).

2.2 Conditions

L'interprétation des résultats exige le respect d'un certain nombre de points:

- > Pour permettre des comparaisons entre les différentes études de cas et rendre les procédures plus visibles, les informations ont été synthétisées et structurées au mieux. Dans certains cas, une représentation simplifiée s'est donc révélée nécessaire.
- > Certains projets de protection contre les crues ne sont pas encore achevés. Les contenus des études de cas datent de l'été ou de l'automne 2014 (Aar, Berne).
- > Les faits proviennent tous des nombreux documents des projets et de la documentation relative aux différentes études de cas ainsi que des entretiens individuels. L'ensemble des bases sont répertoriées dans la bibliographie. Pour faciliter la lisibilité des informations dans les chapitres suivants, celles-ci n'ont pas toutes été référencées séparément (valeurs de débit, évaluations des coûts, etc.).
- > Les périodes de récurrence indiquées dans le rapport doivent être comprises comme des fourchettes de temps. Mais pour des raisons de lisibilité, les limites des fourchettes sont données comme des valeurs fixes:

Tab. 1 > Périodes de récurrence

Période de récurrence en années	Description	Abréviation
1–30	Évènement se produisant maximum tous les 30 ans	HQ ₃₀
30–100	Évènement se produisant maximum tous les 100 ans	HQ ₁₀₀
100–300	Évènement se produisant maximum tous les 300 ans	HQ ₃₀₀
Plus de 300	Évènement extrême	EHQ

2.3

Études de cas

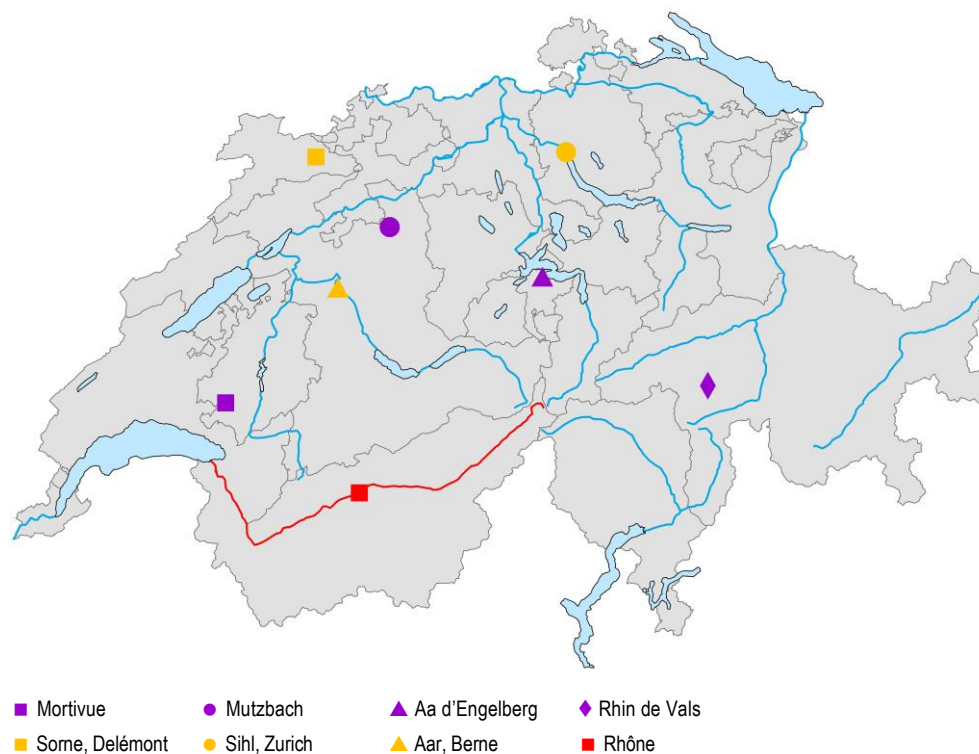
En accord avec les cantons, l'OFEV a choisi huit études de cas, analysées dans le cadre de cette étude (cf. fig. 3). Dans tout le rapport, chaque étude de cas est toujours représentée par le même symbole. La couleur du symbole indique dans quel milieu l'étude a été réalisée en priorité (rural/urbain) ou si elle englobe un bassin versant entier (Rhône).

Fig. 3 > Études de cas analysées dans toute la Suisse

violet: études de cas en milieu rural

jaune: études de cas en milieu urbain

rouge: étude de cas englobant tout le bassin versant



Données: Limites (communales) 2015, OFS GEOSTAT / swisstopo

Les cours d'eau analysés dans le cadre des huit études de cas couvrent un très large éventail de tailles de bassins versants, de débits et de caractéristiques (cf. tableau 2).

Le tableau 3 donne ensuite une vue d'ensemble des conditions cadres des huit projets de protection contre les crues analysés. Les réglementations et exigences légales diffèrent selon le projet. Ainsi, le contexte des projets ayant démarré entre 1989 (Aa d'Engelberg) et 2011 (Mutzbach) n'est pas le même. En outre, les projets se différencient considérablement par leur coût, avec une fourchette comprise entre 1,35 million de francs (Mutzbach) et environ 2,5 milliards de francs (Rhône).

Tab. 2 > Informations concernant les cours d'eau des études de cas

Cours d'eau		Milieu			Bassin versant				Caractéristiques					Débits de crue			
		rural	urbain	Bassin versant entier	petit (<10 km ²)	moyen (10–100 km ²)	grand (100–1000 km ²)	très grand (>1000km ²)	Torrent sujet aux laves torrentielles	Torrent non sujet aux laves torrentielles	Rivière de montagne	Rivière de plaine	Rivière de plaine importante	HQ ₃₀ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]	HQ ₃₀₀ [m ³ /s]	EHQ [m ³ /s]
Mortivue	■	x			x				x					19	25	30	50
Mutzbach	●	x			x					x				12	19	42	–
Aa d'Engelberg	▲	x					x				x			150	200	240	300
Rhin de Vals	◆	x					x				x			170	250	350	380
Sorne, Delémont	■		x				x					x		90	110	150	165
Sihl, Zurich	●		x				x					x ¹		350	490	550	800
Aar, Berne	▲		x					x				x		490	600	660	720
Rhône, Porte du Scex	■			x				x					x	–	1600	–	2000

¹ Rivière de vallée aux caractéristiques de torrent.

Tab. 3 > Informations concernant le projet

Cours d'eau		Début du projet	Coût du projet				État du projet		
			faible (<10 mio. fr.)	moyen (10–50 mio. fr.)	élevé (50–100 mio. fr.)	très élevé (>100 mio. fr.)	en préparation	en cours de réalisation	terminé
Mortivue	■	2003	x					x	x
Mutzbach	●	2011	x				x		
Aa d'Engelberg	▲	1989		x					x
Rhin de Vals	◆	2000	x						x
Some, Delémont	■	2007		x				x	
Sihl, Zurich	●	2006				x	x		
Aar, Berne	▲	1999			x		x		
Rhône	■	2000				x		x	

Au début de chaque projet, un ou plusieurs facteurs font apparaître un déficit de sécurité et, en même temps, révèlent des éléments permettant de le résorber. Dans les études de cas analysées, ce sont le plus souvent des crues au niveau de cours d'eau ou des inondations touchant tout le pays qui ont conduit à l'analyse du risque existant (cf. tableau 4).

Tab. 4 > Événements déclencheurs pour les projets de protection contre les crues des études de cas analysées

Cours d'eau		Événement déclencheur			Établissement d'une carte des dangers
		Crue sans dommages	avec dommages	Crue d'ampleur nationale	
Mortivue	■				x
Mutzbach	●		x		x
Aa d'Engelberg	▲			x (1987)	
Rhin de Vals	◆	x			
Some, Delémont	■		x		
Sihl, Zurich	●			x (2005)	
Aar, Berne	▲		x		
Rhône	■		x		

3 > Déroulement de la procédure – vue d'ensemble

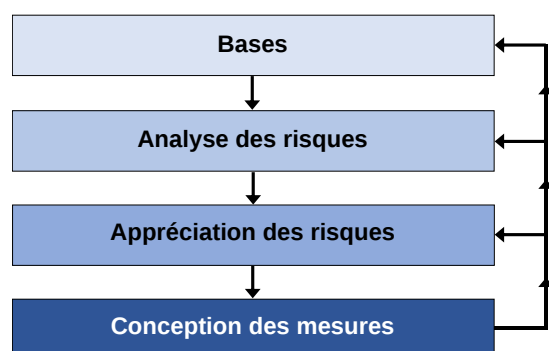
3.1 Phases et étapes de la procédure

Comme il est mentionné au point 1.2, la procédure de définition d'objectifs de mesures démarre au moment où une analyse des risques globale fait apparaître un besoin d'intervention en matière de crues. Ce constat se traduit par le lancement d'une planification des mesures visant à améliorer la protection.

La procédure décrite ci-après se concentre sur l'examen d'une zone spécifique et se limite sur le fond à la définition d'objectifs de mesures en matière de crues. Même si cela n'est pas explicitement indiqué dans ce qui suit, d'autres risques tels que l'influence d'autres dangers naturels ne doivent pas être négligés.

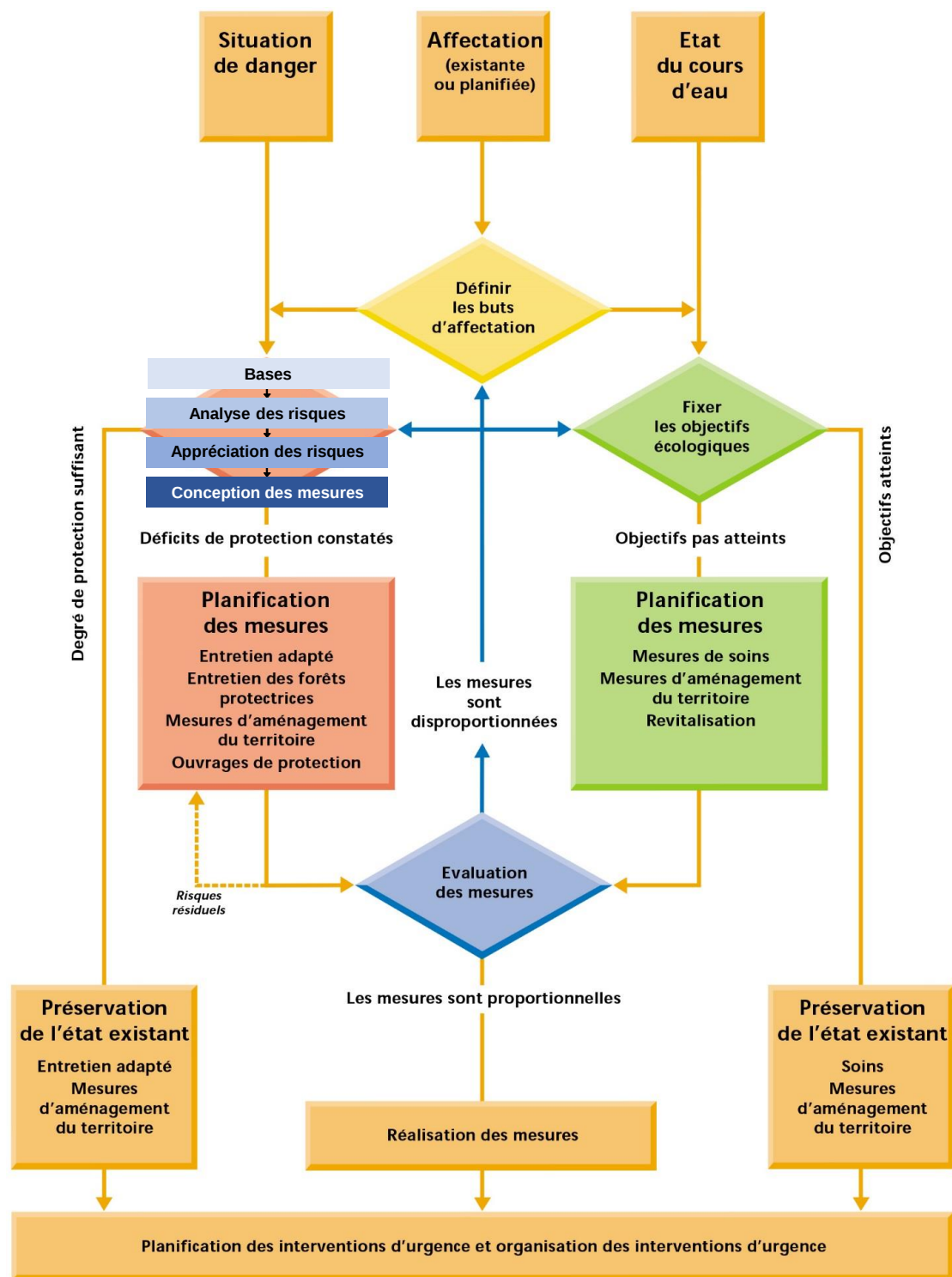
En dépit des contextes très divers des études de cas analysées (notamment quant au coût et à l'ampleur du projet, à la situation de danger, aux biens à protéger et aux contraintes), la démarche visant à définir des objectifs de mesures est chaque fois la même. Après filtrage et acquisition des principales bases du projet, une analyse des risques est effectuée. Le risque est ensuite évalué. Et, en dernier lieu, des mesures sont définies. La figure 4 présente le déroulement schématisé simplifié de ces différentes phases.

Fig. 4 > Phases de la procédure de définition d'objectifs de mesures



La figure 5 montre l'organisation des phases de la procédure dans la planification intégrée des mesures, avec l'exemple de projets de protection contre les crues. Outre les aspects sécuritaires mis en avant ci-après, des objectifs écologiques et d'utilisation sont également pris en compte dans l'objectif d'un projet de protection contre les crues et influencent la planification des mesures.

Fig. 5 > Positionnement des phases de la procédure lors de la définition d'objectifs de mesures dans une planification intégrée des mesures avec l'exemple de projets de protection contre les crues [4]



Comme l'a montré l'analyse des études de cas, il est rare que ces quatre phases se déroulent de façon linéaire. Grâce à la collecte d'informations au fur et à mesure que le projet avance, que ce soit sur la situation de danger et de risque ou sur les différentes contraintes, certaines données peuvent et doivent être constamment complétées ou précisées. Cette manière de procéder est généralement nécessaire et pertinente, mais semble souvent pénible au premier abord. L'idée n'est pas de tout faire en détail dès le départ. Il est surtout important d'aborder un maximum de domaines et d'obstacles. Il est très utile à cet égard d'adopter une approche tenant compte des risques. Mais si des projets doivent être entièrement refaits par la suite parce que, p. ex. certaines conditions cadres ont été négligées, ceci peut entraîner des résistances et donc d'importantes pertes de temps ou des blocages s'accompagnant de frais supplémentaires.

Les quatre phases de la procédure Bases – Analyse des risques – Appréciation des risques – Conception des mesures – se décomposent en étapes intermédiaires. La figure 6 montre les liens entre ces différentes phases. Il apparaît clairement qu'elles sont fortement liées entre elles et qu'elles se recoupent. Une analyse des risques notamment est la condition du développement réussi de mesures. La définition et l'examen des objectifs de mesures sont suivis de la planification concrète des mesures. Les différents éléments de la procédure sont détaillés au chapitre 4.

Au plus tard avant le début d'une nouvelle phase a lieu une réflexion sur les étapes précédentes. Elle indique où il faut continuer dans le déroulement de la procédure (cf. «Examen» dans la fig. 6).

La procédure peut ainsi être décrite, en complément de la figure 6 représentée de façon linéaire, par une spirale. On démarre avec des connaissances restreintes, que l'on élargit progressivement à tous les domaines. Mais il est capital de reconnaître que chacune des étapes – selon les exigences du moment par rapport au projet – ne peut être traitée que de manière élémentaire et être approfondie par la suite. Cela nécessite une réflexion constante pour ne pas entrer dans les détails trop rapidement et déceler les pierres d'achoppement dès que possible. Une prise en compte du risque et des protagonistes permet de décider de la suite.

La figure 7 décrit avec les différentes phases de la procédure cette progression en spirale à partir d'un point de départ. À chaque étape de la procédure (représentée par le même ton de gris), les informations et connaissances relatives au projet et aux conditions cadres existantes s'améliorent. Parallèlement, les protagonistes s'impliquent plus et prennent davantage conscience des problèmes aussi. L'élargissement de la spirale symbolise, avec l'assombrissement de la couleur, le renforcement des connaissances jusqu'à la définition concrète de mesures avec leurs objectifs. Ce n'est que lorsque ces connaissances sont suffisantes que cette définition peut être pérenne.

Fig. 6 > Déroulement et étapes de la procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques

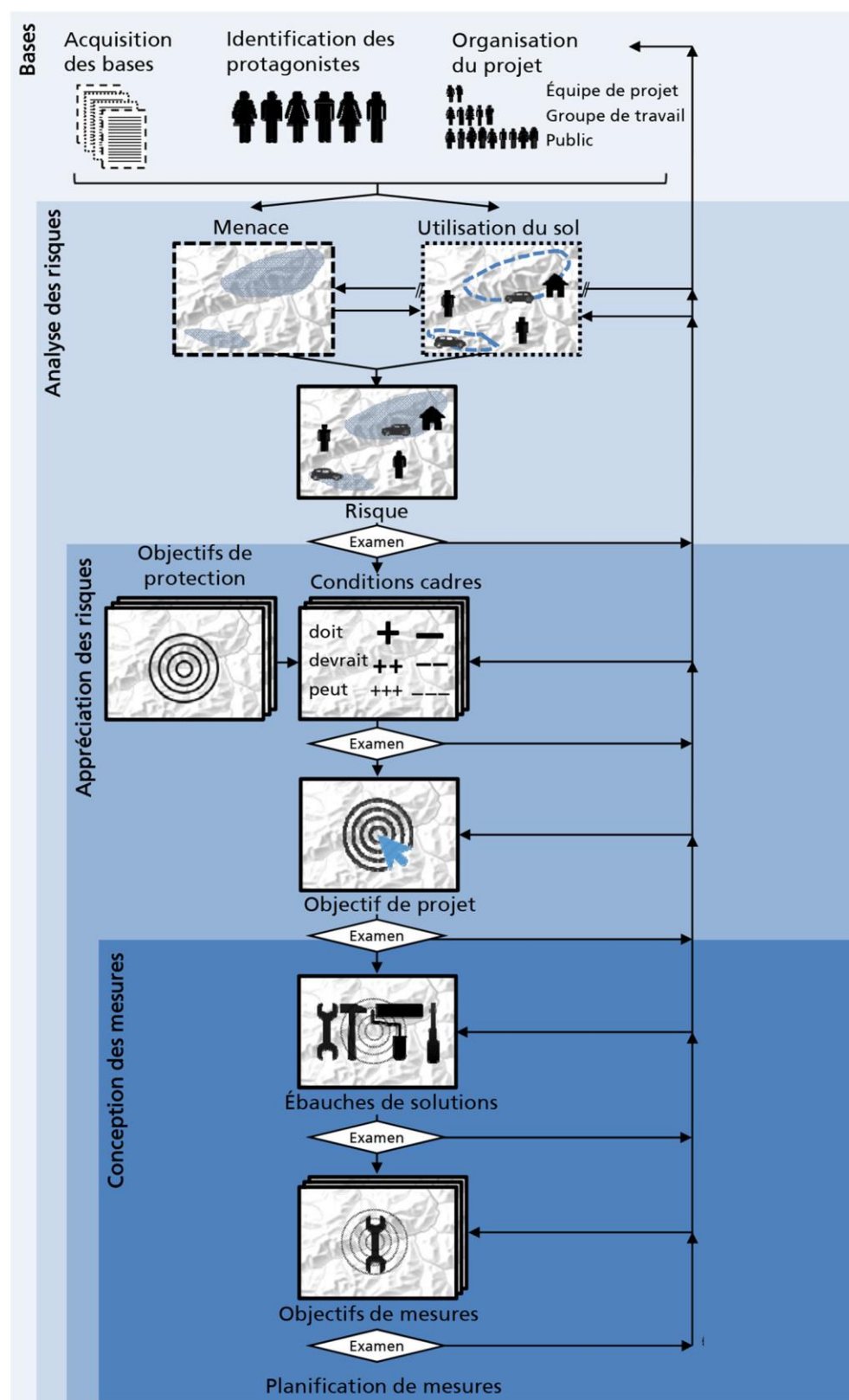
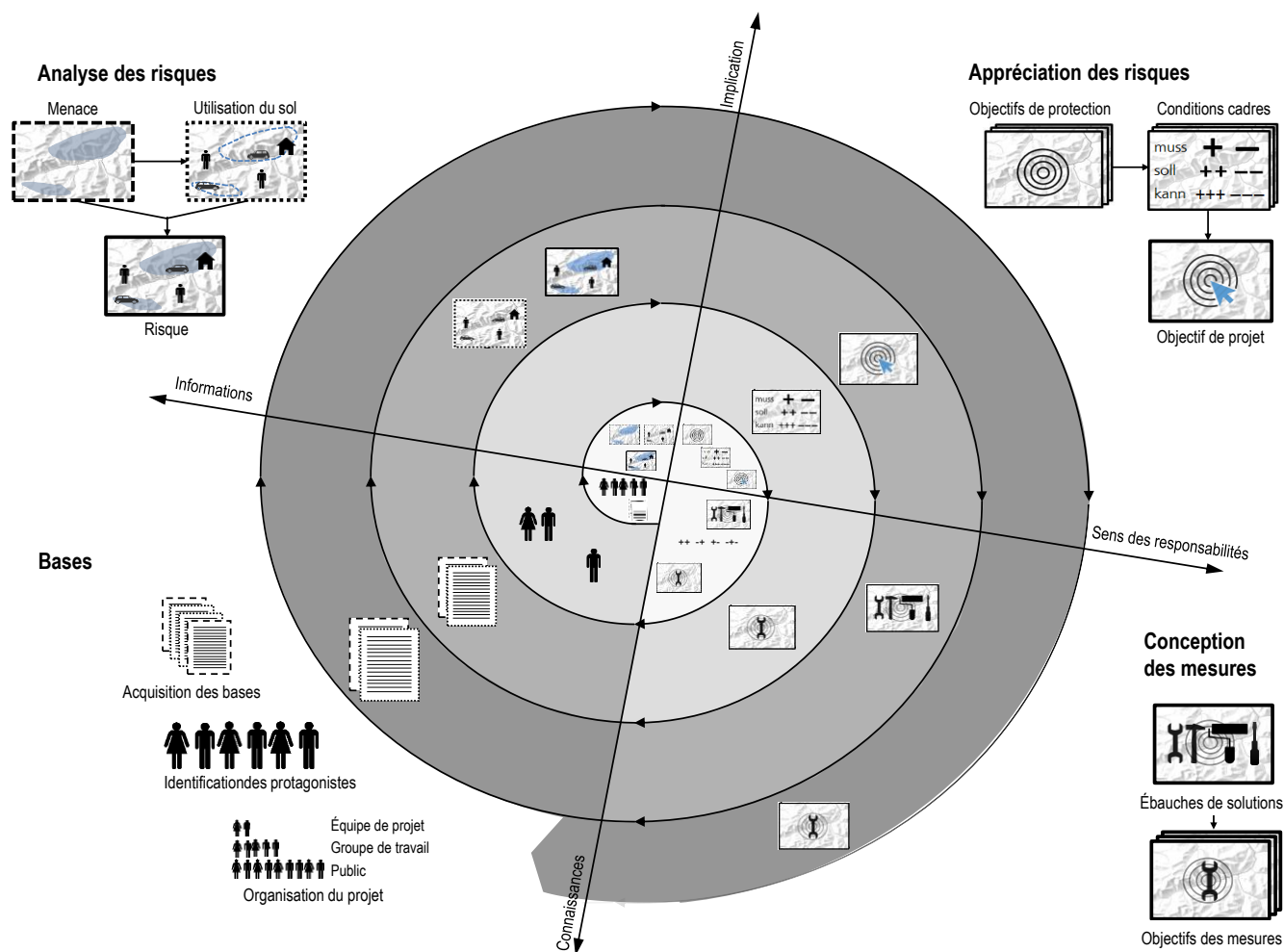


Fig. 7 > Déroulement et étapes de la procédure

Au fur et à mesure que la planification progresse, les connaissances s'améliorent, et l'implication et le sens des responsabilités des protagonistes augmentent. Ainsi, les exigences concernant les mesures sont plus concrètes.



3.2

Moyen d'atteindre le niveau de sécurité visé

L'objectif ultime de la procédure est l'élaboration de mesures avec des objectifs clairement définis. Par leur mise en œuvre dans le cadre de la planification concrète des mesures, le niveau de sécurité visé doit être atteint et maintenu durablement. Le présent rapport soumet un modèle de procédure universel. Sa mise en œuvre concrète doit être adaptée à chaque situation particulière. Aucune solution toute faite ne peut donc être proposée dans ce document. Il s'agit là d'outils d'aide basés sur les enseignements tirés d'autres projets et permettant de déceler les erreurs dès que possible et de les corriger (cf. chapitre 5).

La procédure présentée à la figure 6 se complète de quatre colonnes avec des informations pouvant être utiles pour atteindre le niveau de sécurité visé:

- > Protagonistes: qui est principalement impliqué dans les travaux?
- > Résultat: quel est le résultat de l'étape de la procédure?
- > Questions: à quelles questions faut-il réfléchir au cours de chaque étape?
- > Enseignements: quelles sont les enseignements tirés des études de cas ou par les experts lors de cette étape?

Ces points sont détaillés aux chapitres 4 et 5.

4 > Déroulement de la procédure: phases

4.1 Phase «Bases»

4.1.1 Organisation

La phase «Bases» constitue le fondement de tous travaux. Elle se décompose de la manière suivante:

- > Acquisition / élaboration des bases: p. ex. sur la situation de dangers, les biens à protéger, les prescriptions légales ou les conditions cadres.
- > Identification des protagonistes: personnes ou groupes qui doivent être impliqués dans les travaux ou informés et à quelle phase.
- > Organisation du projet: manière dont s'organise le projet.

Fig. 8 > Déroulement de la procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Bases»

Étapes de la procédure			Protagonistes	Résultats
Bases	Acquisition des bases	Identification des protagonistes	Organisation du projet	Bases acquises
				Protagonistes identifiés et classés
			Équipe de projet Groupe de travail Public	Structure du projet et conditions cadres définies

4.1.2 Acquisition des bases par thèmes

C'est généralement l'équipe du projet, composée d'experts et de spécialistes choisis, qui réunit les bases utiles. Celles-ci englobent entre autres les données techniques relatives au cours d'eau concerné, les prescriptions légales et recommandations existantes pour les projets de protection contre les crues ainsi que les contraintes relatives à la zone étudiée (p. ex. contraintes du site, protection du paysage naturel et bâti).

Le tableau 5 donne un aperçu des bases possibles pour définir des objectifs de mesures. Le regroupement de ces bases permet de mettre en évidence des conflits d'intérêts potentiels, mais ne peut pas devancer la décision relative aux mesures à suivre.

Cette liste ne prétend pas être exhaustive et doit être examinée pour chaque projet concret et, si besoin, adaptée.

Tab. 5 > Aperçu des bases possibles pour définir des objectifs de mesures (par ordre alphabétique)

Domaine	Bases
Communication	Matériel de présentation de la situation de risque (photos et/ou vidéos d'événements passés, simulations, modèles, niveaux d'eau d'événements passés, etc.)
Dangers naturels	Ouvrages de protection existants Analyse des événements, cadastre des événements Enseignements tirés d'événements ou d'autres projets Dossier des cartes de danger incluant scénarios et analyse des zones sensibles Planification des interventions d'urgence
Protection de la nature et du paysage	Inventaires Objectifs de protection et cadastres
Politique	Objectifs de protection: directives, recommandations, décisions, lois
Aménagement du territoire	Droit de la construction Plan d'affectation Plan directeur
Risques et dommages	Biens à protéger et estimations du potentiel de dommages Analyse des risques Carte des risques
Bases scientifiques	Bases sur la géologie Mesures: • des débits • des précipitations • études, bibliographie

4.1.3 Identification et classification des protagonistes

La gestion des dangers naturels en général et des crues en particulier est un défi interdisciplinaire qui concerne de nombreux partenaires. Les interventions effectuées dans ce contexte doivent impliquer tous les protagonistes intéressés, les entités assumant des responsabilités comme celles qui assument un risque.

La participation de tous les protagonistes intéressés à la formation de l'opinion et à la prise de décision est essentielle pendant l'ensemble de la procédure, et jusqu'à la définition des objectifs de mesures. Un dialogue participatif sur les risques encourage la réflexion axée sur ces risques, aussi bien chez les spécialistes que chez les non-spécialistes et favorise la réflexion et l'action globales. Ainsi, la participation permet de générer une image complète du projet global et de meilleures conditions de coopération. La réflexion axée sur les risques et la justification des objectifs des mesures favorisent en outre la communication vis-à-vis de la population et de la politique. «Le risque résiduel reste assumé solidairement, mais toutes les entités assumant un risque seront désormais conscientes de leur contribution respective.» [12].

Dans sa «Boîte à outils Dialogue sur les risques naturels», la PLANAT a identifié des protagonistes importants pour la gestion des dangers naturels (cf. [11]). Ceux-ci sont répertoriés dans le tableau 6. Cette liste permet d'identifier les protagonistes intéressés, mais ne prétend être ni exhaustive ni universelle. Elle doit être réexaminée dans chaque domaine de projet spécifique et, au besoin, complétée. Selon l'organisation du projet, des déplacements et recoupements sont possibles à l'intérieur des catégories mentionnées. En fonction des responsabilités et de l'implication dans un projet, la répartition

entre les entités assumant une responsabilité et celles assumant un risque doit être examinée pour chaque projet. Au cours des différentes phases de la procédure de définition d'objectifs de mesures, les protagonistes concernés sont impliqués dans des compositions variables. L'importance des protagonistes peut changer selon la phase. Ce qui est essentiel pour le bon déroulement et pour la réussite d'un projet est de n'oublier aucun partenaire important. [11]

Tab. 6 > Groupes de protagonistes importants (selon [11])

Experts et planificateurs, p. ex.

Ingénieurs, spécialistes des dangers naturels, géologues
Architectes

Autorités intéressées (aux niveaux fédéral, cantonal et communal) et autres protagonistes, p. ex.:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Travaux publics • Bâtiments • Autorité d'octroi des permis de construire • Gérance • Autorité responsable de la protection contre les crues • Autorité responsable de l'aménagement du territoire • Planificateurs locaux • Autorité responsable de la protection de la nature • Autorité responsable de la santé • Administration des eaux et forêts | <ul style="list-style-type: none"> • Collecte et traitement des déchets / eaux usées • Agriculture • Service responsable des dangers naturels • Organisations de conduite • Commission des dangers naturels • Conseillers locaux en dangers naturels • Bureau d'information et de communication • Bureau SIG • Conseil communal ou municipal, Conseil d'État, Conseil fédéral (exécutif) • Députés et commissions parlementaires (législatif) |
|--|---|

Autres protagonistes organisés, p. ex.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Forces d'intervention, notamment | <ul style="list-style-type: none"> • Organisations de conduite • Police • Pompiers • Service de santé publique • Protection civile ou de la population, armée |
| <ul style="list-style-type: none"> • Assurances, notamment | <ul style="list-style-type: none"> • Assurances-bâtiments cantonales et privées • Assurances générales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Exploitants d'infrastructures, notamment | <ul style="list-style-type: none"> • Transports publics • Industries (énergie, gaz naturel, eaux / eaux usées, déchets) • Télécommunication |
| <ul style="list-style-type: none"> • Groupes d'intérêt, notamment | <ul style="list-style-type: none"> • Autres experts • Partis • Corporations, coopératives • Associations professionnelles et sectorielles • Organisations de loisirs • Associations de quartier • Protection de la nature • Protection du paysage et des sites • Agriculture |

Autres protagonistes non organisés, p. ex.

• Propriétaires privés et publics, notamment	• Propriétaires fonciers • Maîtres d'ouvrage
• Public, notamment	• Population dans son ensemble (électeurs) • Locataires (via propriétaires ou gérances)
• Médias, notamment	• Médias (rédactions journaux, radios, télévisions et online) • Médias spécialisés

Les points suivants sont fixés avec l'implication des divers protagonistes:

Implication d'experts et de planificateurs

La complexité technique de la coordination dans la conception des mesures de protection est telle qu'elle suppose de vastes connaissances des processus naturels. En plus du savoir d'experts, les connaissances techniques nécessaires se répartissent entre différents offices, institutions et entreprises privées. Grâce à l'intégration d'experts et de services spécialisés pertinents, les connaissances techniques peuvent être regroupées de manière compétente pour une utilisation ultérieure [7]. Pour garantir le large soutien d'un projet, il est capital d'impliquer les principaux décideurs et entités assumant une responsabilité («direction»). Outre la contribution technique, les entités assumant une responsabilité ont également pour tâche l'organisation et la planification stratégique d'un projet (cf. 4.1.4).

Risques et opportunités liés à l'implication des protagonistes

Pour identifier moins les intérêts individuels mais davantage les perspectives pertinentes et les intégrer de manière profitable dans la procédure de planification, il faut inclure non seulement les personnes individuelles, mais surtout les groupes organisés d'entités assumant un risque. Il ne faut pas intégrer exclusivement des groupes critiques mais aussi des partenaires de soutien. Sinon une importance trop grande risque d'être accordée à l'opinion d'un groupe restreint. [9]

Les risques, mais aussi les chances qui se présentent, sont considérés par les différents protagonistes sous divers aspects et évalués en fonction de multiples intérêts. L'implication de tous les protagonistes intéressés élargit la vue d'ensemble d'un projet et constitue un atout pour une démarche intégrée. En principe, plus le nombre de protagonistes impliqués dans la planification d'un projet est grand, plus celui-ci est soutenu. Souvent, des protagonistes sont impliqués trop tardivement. C'est le cas très fréquemment pour la communication et les entités assumant un risque. Il est utile de les intégrer dès le départ. Cependant, une procédure participative de grande ampleur signifie aussi un investissement en temps important lors de la phase de planification. Par ailleurs, l'implication d'un grand nombre de protagonistes peut alourdir la facture du projet, car chaque participant présente ses intérêts qui doivent ensuite être pris en considération. Il faut donc bien gérer la manière de traiter les exigences des protagonistes pour maintenir les projets dans des limites acceptables et, parallèlement, empêcher que ceux-ci tentent dans une phase ultérieure d'imposer par la voie judiciaire leurs volontés non prises en compte [8].

Les atouts et les handicaps d'une vaste procédure participative doivent être comparés et évalués en fonction du projet. En plus des différentes fonctions et donc des niveaux de connaissances et des intérêts variables des protagonistes, il faut également tenir compte de leur personnalité et de leurs liens lors de leur intégration dans la procédure de définition des objectifs de mesures. En fonction du groupe, il est recommandé d'appliquer diverses formes d'intégration selon le projet et la phase, qui se distinguent entre autres par leur ampleur. Des informations plus précises sur le moment d'intégrer des interlocuteurs dans la gestion des dangers naturels et sur le traitement des différents intérêts et niveaux de connaissances sont disponibles dans la «Boîte à outils Dialogue sur les risques naturels» de la PLANAT. [11]

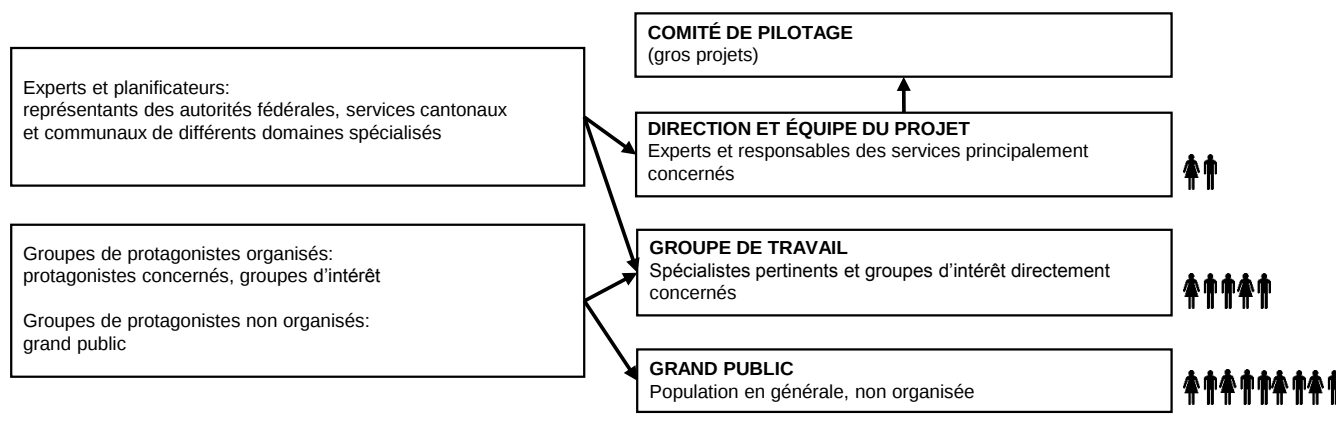
Il ressort des études de cas analysées que la participation active de non-spécialistes et d'experts, protagonistes de grande valeur, constitue une grande chance dans la procédure de définition des objectifs des mesures. L'intégration de divers groupes dans le dialogue sur les risques permet aussi de trouver des solutions non conventionnelles et de parvenir à des améliorations dans la durée, y compris dans d'autres domaines comme l'écologie, l'économie et la société.

Grâce à des entretiens personnels et la prise en compte des remarques générales de divers protagonistes, les conflits d'objectifs, les éventuelles difficultés et les restrictions possibles lors de la mise en œuvre d'un projet peuvent être identifiés précocement, en plus des objectifs et des orientations essentiels. Cela permet une planification et une mise en œuvre ciblées.

4.1.4 Organisation du projet: définition de la structure et conditions cadres

Pour fixer les objectifs des mesures de manière ciblée, il est conseillé de clarifier la structure du projet, les marges de négociation pour la participation, les tâches, les compétences et la coordination entre les groupes de protagonistes dès le départ et d'assurer une communication transparente. La figure 9 montre un modèle simplifié d'organisation de projet telle qu'elle a été appliquée dans différentes études de cas.

Fig. 9 > Représentation simplifiée d'une organisation de projet pour la définition d'objectifs de mesures ou pour des projets de protection contre les crues



- > **La direction et l'équipe du projet** se composent des entités assumant les plus hautes responsabilités parmi les services et les experts principalement concernés. Cette équipe interdisciplinaire est chargée de la planification et de la mise en œuvre du projet de protection contre les crues. Elle prend les décisions essentielles et fait continuellement le lien entre les intérêts des différents protagonistes.
- > Pour les gros projets de protection contre les crues en particulier, la responsabilité politique est souvent assumée par un **comité de pilotage**. Celui-ci fixe les grandes lignes politiques et stratégiques en accord avec l'équipe du projet. [9]
- > D'autres spécialistes pertinents ainsi que des groupes d'intérêt directement concernés sont représentés dans le **groupe de travail**. La taille de ce groupe ainsi que son influence sur la définition des objectifs des mesures dépendent fortement du type et de l'ampleur du projet. Par ailleurs, les manières de procéder et les protagonistes impliqués ont évolué différemment selon les cantons (p.ex. participation d'assurances).
- > Le **public** a été impliqué dans les études de cas notamment par l'information diffusée par les médias, les sites Internet et lors de manifestations.

En résumé, les études de cas ont permis de formuler quelques remarques sur l'organisation du projet:

- > Idéalement, pour chaque projet de protection contre les crues, un service de renseignement central est mis en place, coordonne en interne les protagonistes impliqués et transmet en externe les demandes à l'instance adéquate.
- > L'organisation et la planification stratégique d'un projet s'effectuent souvent par contacts directs entre les responsables. Elles fonctionnent d'autant mieux que la communication entre ceux-ci fonctionne. [9]
- > Dans les études de cas analysées, il a été constaté que plus un projet est petit plus les processus informels tels que les discussions personnelles entre les protagonistes sont importants pour la définition des objectifs de mesures (p.ex. Mutzbach, Rhin de Vals, Mortivue).

- > Pour les gros projets, davantage de moyens sont souvent nécessaires pour les bases et pour une participation formelle des protagonistes. Généralement aussi, ces moyens sont disponibles (p. ex. Sihl, Zurich; Sorne, Delémont et Rhône).

4.2 Phase «Analyse des risques»

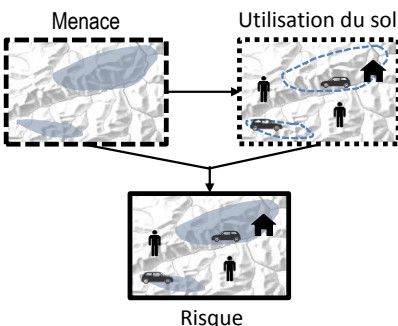
4.2.1 Organisation

La phase «Analyse des risques» présentée ci-après vise à identifier et à représenter le risque de crues à l'intérieur du périmètre du projet. Une analyse des risques générale et globale, lors de laquelle est constatée une possible différence entre le niveau de sécurité actuel et le niveau visé, doit être effectuée préalablement et ne fait pas l'objet de ce projet (cf. 1.2).

Un risque se compose «des facteurs probabilité d'occurrence et répercussions négatives sur la population et ses bases vitales» [1]. Pour identifier le risque, il faut donc d'abord étudier la menace et l'utilisation de la zone (cf. 4.2.2 et 4.2.3). L'addition de la menace et de l'utilisation du sol permet de déduire l'ampleur et la probabilité des dommages possibles, et donc le risque (cf. 4.2.4).

La figure 10 montre la phase «Analyse des risques» à l'intérieur de la procédure.

Fig. 10 > Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Analyse des risques»

Étapes de la procédure		Protagonistes	Résultats
Bases	Analyse des risques 	 	Risque examiné

La phase «Analyse des risques» s'appuie sur la phase «Bases». Elle sert ensuite de fondement à l'«Appréciation des risques». Selon l'état du projet, cette phase peut être exécutée à des degrés de détail variables. Elle aboutit à un constat sur le risque actuel (et éventuellement futur) dans la zone du projet (cf. fig. 11).

Fig. 11 > Démarche lors de la définition des objectifs de mesures: examiner le risque (selon [12])



4.2.2 Menace

Pour pouvoir déterminer la menace, une analyse des dangers est effectuée. Elle se compose d'une analyse des événements (pour définir les scénarios déterminants et leur probabilité d'occurrence) et d'une analyse des effets (pour définir les intensités et l'ampleur de la menace). [10]

À partir des bases recueillies au préalable et des processus dangereux identifiés, des experts et des responsables des services principalement concernés calculent, par des procédés systématiques et scientifiques, l'intensité et la fréquence des dangers liés à l'eau dans le secteur étudié. Le dossier des cartes de danger et ses produits (notamment, rapport technique et cartes des profondeurs d'eau et des intensités) constituent une bonne base, qui doit être éventuellement complétée (autres scénarios, nappe souterraine, retenue, etc.).

L'analyse des dangers permet également de connaître les principaux problèmes à prendre en compte. Ceux-ci dépendent dans une large mesure du site et doivent être redéfinis pour chaque secteur du projet. Le tableau 7 montre parfaitement les problèmes qu'il a fallu surmonter dans les études de cas analysées.

Outre les différences des projets entre eux, les problèmes à l'intérieur d'un projet de protection contre les crues peuvent être extrêmement divers. Les approches de solution ne doivent donc jamais considérer qu'un seul aspect isolé du processus de crue, mais toujours intégrer la globalité des problèmes identifiés, souvent très interdépendants. Le tableau 7 montre que les études de cas choisies ont permis de couvrir un large éventail de problématiques.

Tab. 7 > Principaux problèmes identifiés avant le début de la planification des mesures de protection

Cour d'eau		Problématique												
		Débit élevé	Matériaux charriés	Bois flottant	Érosion du lit	Érosion latérale	Délai de préalerte court	Perméabilité du sol / hausse de la nappe	Reflux de canalisation	Ruissellement de surface	État des ouvrages de protection existants	Ponceau	Multiplication de catastrophes	État écologique du cours d'eau
Mortivue	■	x	x	x	x	x	x				x	x		
Mutzbach	●	x		x			x							
Aa d'Engelberg	▲	x	x	x	x		x				x	x		
Rhin de Vals	◆	x	x	x		x						x		
Sorne, Delémont	■	x							x				x	x
Sihl, Zurich	●	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x
Aar, Berne	▲	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
Rhône	■	x	x								x			x

4.2.3 Utilisation du sol

Pour déterminer l'utilisation du sol, la nature, l'emplacement et l'occupation dans le temps et dans l'espace des objets menacés sont identifiés dans une analyse de l'exposition (situations d'exposition). [10]

Conformément à la loi sur l'aménagement des cours d'eau et à la directive de l'UE relative à la gestion des risques d'inondation, la PLANAT distingue trois catégories de biens à protéger: les personnes, les biens d'une valeur notable et l'environnement (cf. tableau 8). Il faut signaler que le bien «Environnement» n'est pas défini par la loi. Les indicateurs pour l'analyse de l'exposition ou pour une possible ampleur des dommages sont choisis sur la base de l'article consacré au but et au champ d'application de la loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (art. 1) et des lois cantonales spécifiques correspondantes.

Dans les études de cas analysées, l'examen s'est focalisé sur les secteurs avec regroupement d'habitations, car ceux-ci présentent une forte concentration de biens à protéger des catégories «personnes» et «biens d'une valeur notable». Du fait de la densité de population et de l'exposition de biens d'une valeur notable et d'infrastructures, le potentiel de dommages est généralement plus fort dans les zones urbaines qu'en milieu rural. Les objets spéciaux touchés doivent bénéficier d'une attention particulière. Ils peuvent présenter un potentiel de dommages énorme, empêcher une éventuelle intervention (p.ex. bases de forces d'intervention, infrastructures de télécommunication, transports et énergie) et/ou entraîner des dommages subséquents (p.ex. accidents majeurs). Outre les éventuels dommages directs sur un bien à protéger, il faut aussi considérer les coûts indirects ou subséquents (entre autres, frais occasionnés par un arrêt d'exploitation, indemnités journalières ou perte d'image). «Il peut être très complexe, voire impossible, de chiffrer les coûts indirects. La délimitation entre les dommages micro-économiques et macro-économiques peut aussi être problématique. Pour

les raisons invoquées, les coûts indirects ne sont pas suffisamment, voire pas du tout, pris en considération dans les analyses de risques.» [10] Même si ces coûts et d'autres ne sont pas chiffrables, ils doivent être mentionnés et connus, car ils peuvent avoir une influence sur le choix des mesures.

Tab. 8 > Catégories et biens à protéger conformément aux recommandations de la PLANAT [12]

La prise en considération de l'environnement comme bien à protéger n'est pas définie par la loi en Suisse. (cf. aussi «Schutzziele im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz» [8], p. 15 et s.)

Catégorie	Bien à protéger	
Personnes	Personnes	
Biens d'une valeur notable	Bâtiments	
	Infrastructures	
	Objets d'une grande importance ou incidence économique	
	Ressources naturelles vitales pour les personnes	
	Biens culturels	
Environnement	Nature, environnement	

4.2.4 Risque

À partir des bases thématiques présentées au point 4.1.2 et des analyses des dangers et de l'exposition décrites aux points 4.2.2 et 4.2.3, l'équipe du projet, composée d'experts et de spécialistes choisis, réalise généralement une première appréciation quantitative des risques. Au préalable, une analyse qualitative simple impliquant différents protagonistes peut être effectuée. Celle-ci garantit que les biens à protéger pertinents dans la zone considérée sont répertoriés dans leur intégralité. Pour les gros projets notamment, il peut également être judicieux d'intégrer d'autres entités organisées assumant une responsabilité ou un risque.

Les risques se rapportent toujours à un processus dangereux spécifique, à un bien à protéger concret et à une zone en particulier. À l'intérieur des bases thématiques disponibles et de l'analyse des dangers et de l'exposition, les risques sont étudiés et évalués pour des scénarios précis. En l'absence d'informations suffisantes ou en cas d'incerti-

tudes trop grandes à propos de l'ampleur des effets ou à la probabilité d'occurrence des scénarios, les experts échafaudent des hypothèses fondées. [2]

Les valeurs caractéristiques d'indication des risques sont, d'une part, les dommages moyens par an et, d'autre part, le montant des dommages à certaines périodes de récurrence. Pour que les risques soient comparables et évaluables, les valeurs des biens à protéger concernées doivent être regroupées et converties dans la même unité (p. ex. monétaire ou indicielle). Ces valeurs constituent ensuite une somme totale, qui représente l'ampleur du risque de tous les biens à protéger considérés. [2]

Selon le scénario considéré, il existe différents paramètres de risque. Pour définir des objectifs de mesures en se basant sur les risques, il est central de connaître l'évolution du risque par rapport à divers scénarios. Cela permet d'identifier les bonds (p. ex. une petite hausse de débit entraînant une forte augmentation du risque) ou les faibles augmentations de risque (p. ex. une hausse de débit n'ayant aucune incidence majeure sur le risque dans une zone particulière).

Des imprécisions dans l'appréciation et la représentation de risques découlant des données de base, des estimations et des modélisations sont inévitables. Il faut en avoir conscience mais cela ne doit pas provoquer la confusion. Les décisions sont prises à partir d'une vue d'ensemble de différents facteurs.

4.3 Phase «Appréciation des risques»

4.3.1 Organisation

La phase «Appréciation des risques» comprend trois éléments dans la procédure:

- > Objectifs de protection: niveau de sécurité visé par certaines entités assumant une responsabilité dans leur domaine de compétence. [14]
Les objectifs de protection sont des objectifs généraux, qui peuvent évoluer plutôt à long terme. Ils représentent des conditions cadres et ont donc une influence sur la définition de l'objectif du projet.
- > Conditions cadres: à chaque domaine de projet s'appliquent des conditions cadres qui influent sur un projet de protection. Elles peuvent soit étendre les mesures possibles, soit les restreindre.
- > Objectif de projet: compte tenu du risque et des conditions cadres, les entités assumant une responsabilité et celles assumant un risque définissent conjointement un objectif de projet. Celui-ci sert de point de départ à la phase «Conception des mesures» (cf. 4.4).

«L'appréciation des risques consiste à décider lesquels sont acceptables et lesquels sont inacceptables. Est acceptable un risque considéré comme tolérable pour de bonnes raisons.» [12]

La figure 12 montre la phase «Appréciation des risques» dans le déroulement de la procédure.

Fig. 12 > Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Appréciation des risques»

Étapes de la procédure		Protagonistes	Résultats
Bases Analyse des risques Appréciation des risques		 	Objectifs de protection identifiés Conditions cadres identifiées et classées par priorités Objectif de projet défini

4.3.2 Objectifs de protection

Les protagonistes définissent au moyen d'objectifs de protection le niveau de sécurité qu'ils souhaitent atteindre dans leur domaine de compétence ou leur contribution en vue d'atteindre ce niveau de sécurité [14]. Ces objectifs de protection représentent des conditions cadres et ont donc une influence sur la définition de l'objectif du projet. Dans un projet, ils sont supposés être constants – ils évoluent plutôt à long terme sur la base de retours d'expériences. Ils sont définis par les pouvoirs publics. Toutefois, «d'autres entités assumant une responsabilité, comme les exploitants d'installations de transport bénéficiant d'une concession, fixent des critères d'examen et des objectifs de protection. Ils doivent souvent suivre des prescriptions figurant, par exemple, dans la décision d'octroi de la concession.» [14] Le rapport «Materialienbericht zur Strategie Naturgefahren Schweiz» de la PLANAT [14] illustre à l'aide d'exemples la diversité des objectifs de protection en Suisse.

Au niveau fédéral, la loi sur l'aménagement des cours d'eau (cf. 4.2.3) définit les biens à protéger. Mais elle ne donne aucune indication sur le niveau de protection requis ou les objectifs de protection. Seules les Directives de l'OFEG sur la protection contre les crues de 2001 [4] fournissent des recommandations au niveau pratique dans une matrice des objectifs de protection. Cela signifie que les cantons peuvent également proposer d'autres objectifs de protection, dans la mesure où ils sont conformes au droit. Au niveau fédéral, cette matrice des objectifs de protection a été concrétisée et élargie en 2005 sans caractère contraignant (cf. fig. 13).

Fig. 13 > Matrice des objectifs de protection destinée à la prévention par la gestion du territoire selon la recommandation de l'OFEG 2005 [6]

Légende

	=	protection complète	=	aucune intensité admissible	=	0
	=	protection contre les intensités moyennes et fortes	=	intensité faible admissible	=	1
	=	protection contre les intensités fortes	=	intensité moyenne admissible	=	2
	=	pas de protection	=	intensité forte admissible	=	3

Catégorie d'objets

Objectifs de protection

Nr.	Biens	Infrastructures	Valeurs naturelles	Période de retour [en années]			
				1-30 fréquent	30-100 rare	100-300 très rare	>300 extrême- ment rare
1		Itinéraires de randonnée en montagne ou à ski (selon cartes du CAS, etc.)	Paysages naturels	3	3	3	3
2.1		Chemins pédestres et pistes de ski de fond commerciaux, chemins agricoles, conduites d'importance communale		2	3	3	3
2.2	Bâtiments inhabités (remises, granges, etc.)	Voies de communication d'importance communale, conduites d'importance cantonale	Forêt protectrice, terrain agricole	2	2	3	3
2.3	Bâtiments et hameaux habités temporairement ou en permanence, étables, bergeries, etc.	Voies de communication d'importance cantonale ou de grande importance communale, conduites d'importance nationale, chemins de fer de montagne, domaines skiables et d'exercices pour le ski.	Forêt protectrice dans la mesure où elle protège des regroupements d'habitations	1	1	2	3
3.1		Voies de communication d'importance nationale ou de grande importance cantonale, télésis et télésièges		0	1	2	3
3.2	Regroupements d'habitations, terrains affectés à l'industrie et à l'artisanat, zones à bâtir, terrains de camping, installations de sport et de loisirs	Stations des divers moyens de transport		0	0	1	2
3.3	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.		Détermination au cas par cas			

Pour de nombreux cantons, ces deux matrices constituaient la base de définition d'objectifs de protection cantonaux. Comme le montre le tableau 9, ceux-ci se sont surtout basés sur les objectifs de protection fixés au niveau fédéral. Le caractère contraignant des objectifs de protection définis est variable selon les cantons.

Tab. 9 > Définition d'objectifs de protection sur la base de cas concrets

Le caractère contraignant des objectifs de protection définis est variable selon les cantons. Pour les risques spéciaux, les risques assortis d'une vulnérabilité particulière face aux dommages ou les dommages secondaires, les objectifs de protection sont déterminés le plus souvent au cas par cas.

Canton		Base		Objectif de protection approximatif par catégorie d'objets ²			
		OFEV (2001) ou (2005)	Définition d'objectifs de protection cantonale	Regroupements d'habitations, terrains affectés à l'industrie (1)	Bâtiments isolés, infrastructures (2)	Surfaces de culture intensive, biens de grande valeur (3)	Surfaces de culture extensive (4)
Berne	▲ ●		x	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀	HQ ₁₀	HQ ₁
Fribourg	■	x		HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁
Grisons	◆		x	HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁
Jura	■		x	HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁
Nidwald	▲		x	HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁
Valais, Vaud	■	x		HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁
Zürich	●		x	HQ ₁₀₀	HQ ₅₀	HQ ₂₀	HQ ₁

■ Mortivue ● Mutzbach ▲ Aa d'Engelberg ◆ Rhin de Vals

■ Sorne, Delémont ● Sihl, Zurich ▲ Aar, Berne ■ Rhône

Les objectifs de protection permettent aux différents protagonistes de constater où il est nécessaire d'intervenir. Grâce à une transposition des objectifs de protection en objectifs de mesures, il est possible de vérifier si la sécurité visée peut être atteinte. Par ailleurs, cela permet d'obtenir aussi de premières indications sur la nécessité de discuter des éventuels écarts par rapport aux objectifs de protection des différents protagonistes (augmentation ou diminution du niveau de protection) – notamment si des contraintes ou des opportunités apparaissent.

Les objectifs de protection des protagonistes servent de point de départ à la définition du niveau de sécurité visé (cf. fig. 14).

² Catégories d'objets:

(1) - Zones à bâtir, petits regroupements d'habitations, bâtiments habités en permanence

- Bâtiments affectés à l'industrie ou à l'artisanat

- Installations de loisirs et de sport

- Terrains de camping

(2) - Bâtiments habités temporairement (incluant maisons de vacances et bâtiments d'alpage avec séjours épisodiques)

- Bâtiments inhabités, biens de grande valeur (> 50–100 000 francs)

- Bâtiments agricoles avec animaux

(3) - Bâtiments inhabités, biens d'une valeur peu élevée (< 20–50 000 francs)

- Surfaces agricoles intensives

- Forêts à fonction protectrice particulière

(4) - Surfaces agricoles extensives, alpages,

- Forêts (sans fonction protectrice particulière), paysages naturels, etc.

Fig. 14 > Définition de l'objectif de protection (selon [12])

Les objectifs de protection des protagonistes servent de point de départ à la définition du niveau de sécurité visé.



4.3.3 Conditions cadres

Les exigences relatives à l'affectation et l'utilisation du sol sont multiples – la protection contre les crues n'étant qu'un élément parmi d'autres. Souvent, pour une zone définie, les intérêts des nombreux protagonistes divergent considérablement. Ainsi, il existe pour chaque planification de projet des conditions cadres à respecter. Celles-ci peuvent s'appuyer sur des valeurs qui s'expriment entre autres dans des prescriptions et des recommandations politiques et/ou juridiques. Les projets de protection contre les crues doivent par ailleurs satisfaire des exigences sociétales, écologiques et économiques (cf. fig. 5). Les conditions cadres peuvent être restrictives, p.ex. lorsqu'il manque de l'espace ou qu'il existe de fortes contraintes liées à la protection de la nature et du paysage. Toutefois, elles peuvent aussi être favorables, p.ex. lorsqu'un espace réservé aux eaux peut être aménagé de façon proche de la nature et qu'une zone de détente de proximité est ainsi mise en valeur. Le tableau 10 présente quelques conditions cadres rencontrées dans les études de cas analysées.

Tab. 10 > Conditions cadres possibles pour une planification des mesures

Condition	
Données économiques / spatiales:	Données sociales / sociétales:
• Place disponible • Dommages potentiels (élevés/faibles) • Objets spéciaux (oui/non)	• Société (p. ex. accès à l'eau, aspect esthétique) • Protection des monuments historiques (p. ex. UNESCO) • Protection du paysage (p. ex. ISOS)
Données écologiques:	Autres exigences politiques et/ou juridiques:
• Espace de détente • Aire protégée	• Objectifs de protection (cf. 4.3.2)

Pour une planification et une mise en œuvre ciblées et aussi simples que possible d'un projet de protection contre les crues, il est essentiel que toutes les conditions cadres pouvant avoir une incidence sur la réalisation soient connues et exposées assez tôt. Dans le cadre d'une analyse des protagonistes et du contexte, les conditions doivent être identifiées à différents niveaux (local, régional, cantonal et fédéral) et ensuite classées par ordre de priorité (cf. fig. 15).

Fig. 15 > Identification des conditions cadres (selon [12])

Les conditions cadres peuvent avoir un effet restrictif sur l'atteinte du niveau de sécurité visé. Il faut alors accepter un niveau de sécurité réduit (zone rouge). En revanche, elles peuvent aussi être favorables. Dans ce cas, le niveau de sécurité atteint sera élevé (zone verte).

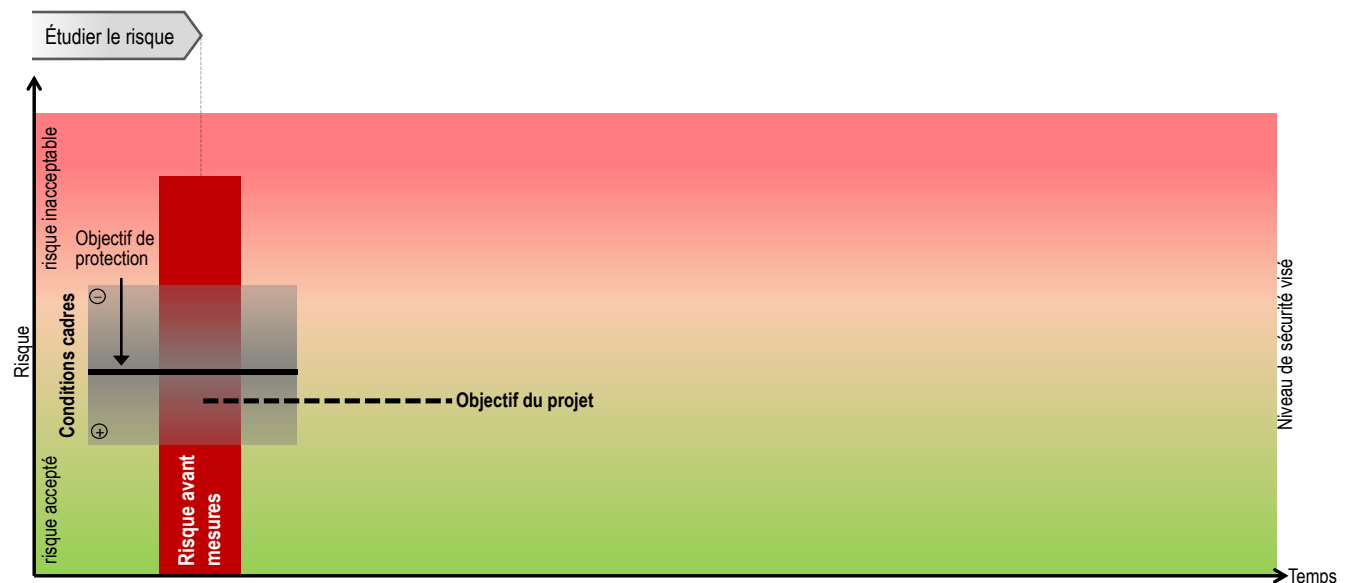


4.3.4 Objectif de projet

Compte tenu du risque et des conditions cadres incluant les diverses exigences sociales, économiques et écologiques, les entités assumant une responsabilité et celles assumant un risque définissent conjointement l'objectif du projet. Celui-ci sert de point de départ à la phase de conception des mesures» (cf. 4.4). Si la recherche des solutions possibles montre que l'objectif du projet défini ne peut pas être atteint dans des conditions rai-

Un objectif de projet repose sur une appréciation des entités assumant une responsabilité et de celles assumant un risque. Mais la question se pose de savoir qui est habilité à le faire: les critères d'appréciation peuvent-ils être fondés sur des estimations d'experts ou faut-il prendre pour référence la perception des risques par le grand public? Ou faut-il combiner les deux? [10] Sur la base des études de cas, il est recommandé de procéder d'abord à une formulation et à une évaluation des objectifs de projet par des experts et, ensuite, de les compléter par les attentes des protagonistes impliqués dans la mise en œuvre et éventuellement du grand public. D'autres indications pour la procédure d'appréciation des risques et de définition d'un objectif de projet sont disponibles notamment dans la publication sur la Réalisation du plan d'action PLANAT 2005–2008 [10].

L'objectif du projet formulé s'appuie d'une part sur la situation de risque et tient compte d'autre part des conditions locales. Certaines de ces conditions doivent impérativement être respectées. D'autres sont négociables et peuvent être déterminées par les protagonistes impliqués dans le cadre d'une prise de position et de décision participative. La réalisation de l'objectif du projet est visée, mais n'est pas toujours possible.



Dans des situations concrètes, il est possible au vu des conséquences éventuelles et d'un commun accord de dévier des objectifs de protection des différents protagonistes. Un objectif de projet peut correspondre à un objectif de protection défini auparavant, aller au-delà ou lui être inférieur (la fig. 16 présente le cas où l'objectif du projet est supérieur à l'objectif de protection). Compte tenu de l'optimisation qui se fait dans le cadre de la définition des objectifs de mesures basée sur les risques, l'objectif du projet doit dans tous les cas être remis en question dans les phases suivantes de la procédure et peut être adapté sur la base d'une justification plausible [14].

4.4 Phase «Conception des mesures»

4.4.1 Organisation

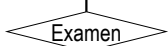
Cette phase précise les mesures et les moyens qui permettent de réduire les risques et le train de mesures optimal pour atteindre les objectifs de protection (selon [10]).

La phase «Conception des mesures» se scinde en deux parties:

- > Ébauches de solutions: élaboration et évaluation d'ébauches de solutions possibles pour atteindre l'objectif du projet.
- > Objectifs de mesures: définition d'un train de mesures optimal pour atteindre l'objectif du projet. Pour chaque mesure est fixé un objectif distinct.
- > Après définition et examen des objectifs de mesures a lieu la planification concrète des mesures.

La figure 17 montre l'intégration de la phase «Conception des mesures» dans le déroulement de la procédure:

Fig. 17 > Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Conception des mesures»

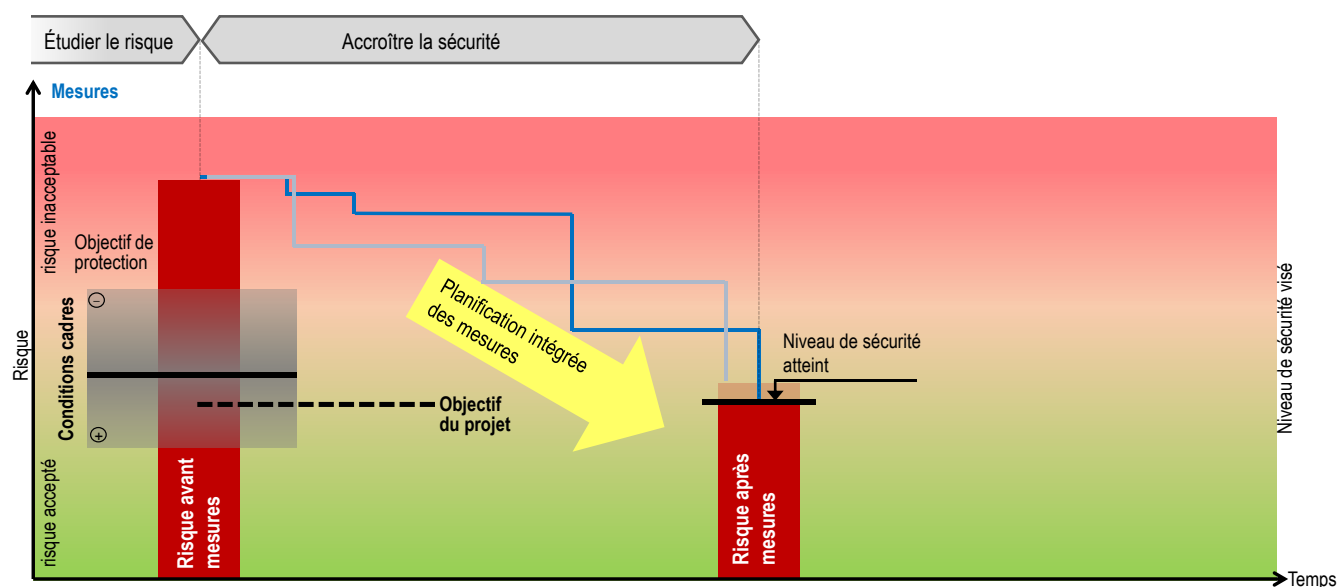
Étapes de la procédure		Protagonistes	Résultats
Bases Analyse des risques Appréciation des risques	Conception des mesures		
	 Ébauches de solutions		Ébauches de solutions
	 Objectifs de mesures		Objectifs des mesures: - comparés et appréciés - optimisés - définis
	 Examen		- vérifiés
	Planification de mesures		

Les mesures permettent de maintenir les risques futurs dans un cadre acceptable, de réduire les risques existants à un niveau acceptable et de gérer les risques résiduels. La planification intégrée des mesures est un processus d'optimisation lors duquel sont comparés les risques et les chances et qui tient compte de tous les aspects du développement durable. Elle définit aussi dans quelle mesure les risques sont évités, réduits et supportés. [14]

4.4.2 Élaboration d'ébauches de solutions

À partir de l'objectif du projet fixé au préalable, des ébauches de solutions sont élaborées. Le niveau de sécurité visé peut être atteint généralement par divers moyens, qui présentent chacun des avantages et des inconvénients. Il convient de les mettre en balance. Seule la mise en œuvre de toute la palette des mesures de la gestion intégrée des risques permet d'atteindre le niveau de sécurité visé (cf. fig. 18).

Fig. 18 > Élaboration de diverses ébauches de solutions, comparaison des objectifs de mesures (selon [12])



La planification concrète des mesures exige une bonne connaissance du site et doit être spécifique à chaque projet. Elle ne doit pas être laissée uniquement à la charge d'experts en dangers naturels. La protection contre les dangers naturels doit être équilibrée vis-à-vis des mesures d'autres domaines spécialisés. Elle doit être compatible avec les autres projets et objectifs, ce qui inclut aussi le suivi de l'évolution des dangers. À partir de ces observations et des nouvelles données, les objectifs sont à reconsidérer, et les mesures à adapter. [7] Le respect des exigences légales conditionne la poursuite de la variante élaborée.

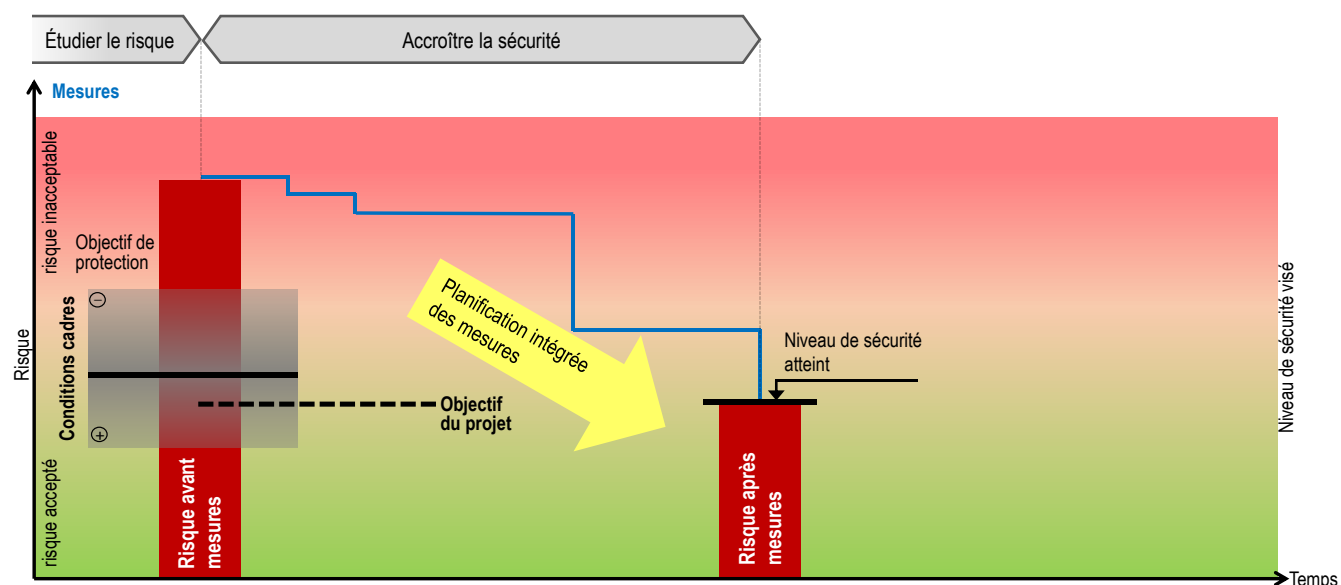
4.4.3 Comparaison, appréciation, définition, optimisation et examen des objectifs de mesures

Les ébauches de solutions élaborées sont évaluées selon plusieurs critères, les plus objectifs possibles. Ces critères et leur importance doivent être définis le plus tôt possible dans la procédure avec les protagonistes concernés. Il est essentiel que les mesures se basent sur le cadre légal, soient dans l'intérêt public et proportionnées. L'évaluation s'appuie sur d'autres critères: l'efficacité, la fiabilité, le rapport coût-utilité ou les impératifs environnementaux et sociaux des mesures prévues. La compatibilité sociale de mesures peut souvent être améliorée par l'implication des entités assumant un risque.

L'évaluation clarifie les chances et les risques des mesures proposées et constitue une base pour l'adaptation d'une variante choisie. Une fois la sélection effectuée, voire même la synthèse, les objectifs des mesures à atteindre peuvent être formulés concrètement (cf. fig. 19). La sécurité atteinte en additionnant toutes les mesures peut correspondre à l'objectif du projet (cf. fig. 19). Mais elle peut aussi le dépasser ou lui être inférieur.

Fig. 19 > Sélection d'une ébauche de solution et définition des objectifs de mesures (selon [12])

Après examen du niveau de sécurité pouvant être ainsi atteint et des conditions cadres, la planification concrète des mesures peut démarrer.



La première valeur-cible pour les projets de protection contre les crues a été, dans toutes les études de cas, la protection de la zone d'habitation concernée contre un événement d'une occurrence de 100 ans. Grâce à un examen minutieux du risque, des différents intérêts et des exigences économiques, sociales et environnementales, il est toutefois apparu lors de la définition des objectifs de mesures des différents projets que cet objectif de protection n'était pas pertinent pour toutes les études de cas, ou que sa réalisation n'était pas possible avec une mesure constructive. D'autres types de mesures sont entrés en jeu pour pouvoir atteindre le niveau de sécurité visé (p. ex. le temps

gagné grâce à des mesures constructives a permis de mettre en œuvre judicieusement des mesures organisationnelles).

Du fait des contraintes dans les études de cas analysées, les mesures constructives n'ont pas toujours été dimensionnées pour un événement centennal (cf. tableau 11). À l'inverse, suite à la pesée des intérêts et à l'étude des conditions cadres, l'objectif des mesures constructives prévues a dans certains cas dépassé l'évènement centennal. Cela s'est produit principalement suite à des réflexions sur le risque. Le niveau a été relevé lorsque, par exemple, il existait un risque important et que le dimensionnement des mesures pouvait être augmenté sans dépense disproportionnée.

Tab. 11 > Niveau de sécurité atteint dans les études de cas grâce à des mesures constructives dans la zone d'habitation

Cours d'eau		Objectif de mesure Zone d'habitation			Motifs d'écart éventuel par rapport à l'objectif de protection HQ ₁₀₀		
		<HQ ₁₀₀	HQ ₁₀₀	>HQ ₁₀₀	Contraintes	Réflexion sur le risque	Description
Mortivue	■		x				Une protection plus élevée entraînerait des frais importants.
Mutzbach	●	x ³			x		Oppositions entre protection de la nature et protection des monuments historiques. Une réduction de l'objectif de la mesure est étudiée.
Aa d'Engelberg	▲			x		x	Écarts locaux (dimensionnements flous et dépendances par rapport à l'espace).
Rhin de Vals	◆	x			x		Du fait du manque de place, HQ ₁₀₀ a été difficilement atteint.
Sorne, Delémont	■			x		x	Potentiel de dommages élevé en centre-ville vs. mesures proportionnées et réalisables.
Sihl, Zurich	●			x		x	Potentiel de dommages élevé en centre-ville vs. mesures proportionnées et réalisables.
Aar, Berne	▲	x			x	x	Protection limitée contre HQ ₁₀₀ . Le manque de place, les structures établies et les exigences politiques nécessitent un développement restreint.
Rhône	■			x	x	x	Écarts minimes au niveau local (dépendances par rapport à l'espace).

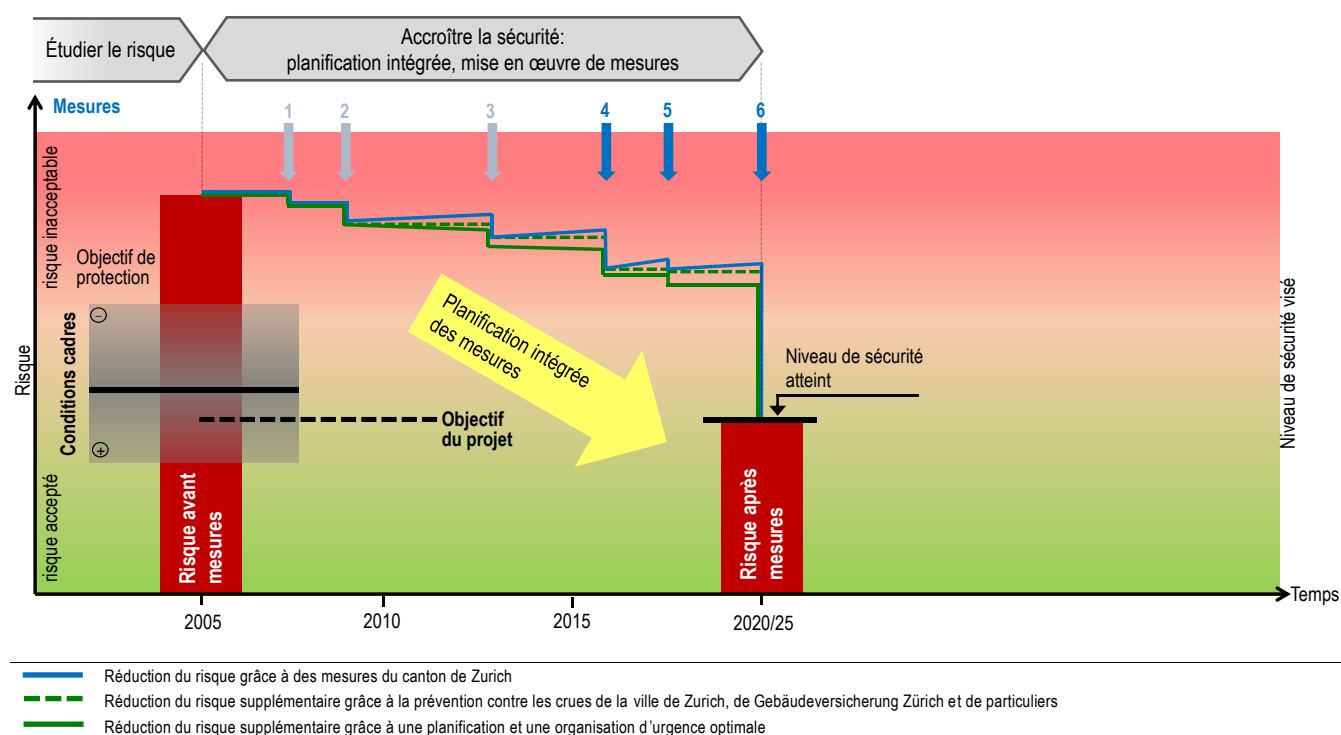
La figure 20 montre parfaitement, à l'aide du projet de protection contre les crues de la Sihl à Zurich, quelle contribution apportent les différentes mesures pour réduire le risque. Par ailleurs, il apparaît que le risque peut être réduit davantage grâce à la prévention contre les crues des différents protagonistes et la planification d'urgence et qu'une nouvelle augmentation du risque peut être limitée.

³ Au moment de la rédaction de cette publication, le projet de protection contre les crues était en phase de planification, et l'objectif de mesure n'était donc pas encore établi avec certitude.

Pour contenir au mieux le risque pour les personnes, les biens de grande valeur et la nature pendant la réalisation de gros projets (Sorne, Delémont; Sihl, Zurich; Aar, Berne; Rhône), certaines parties pouvant être mises en œuvre rapidement ont été réalisées sans attendre la décision globale. Ainsi, le risque est réduit rapidement, avec malgré tout une solution globale fondée.

Fig. 20 > Réduction progressive du risque par des mesures cantonales de protection contre les crues sur la Sihl à Zurich

Des mesures complémentaires (prévention contre les crues, planification et organisation d'interventions d'urgence) permettent de réduire encore le risque (selon [12] et [14]).



Mesures réalisées ou en projet

- 1 Renforcement de la capacité d'écoulement à la gare centrale de Zurich
- 2 Système de prévision des crues et régulation du lac
- 3 Pose d'une grille à bois flottant

Mesures prévues

- 4 Amélioration de la régulation du lac de Zurich / de Sihl
- 5 Développement de l'espace Allmend Brunau
- 6 Protection à long terme contre les crues sur la Sihl

Il faut par ailleurs s'assurer que les risques résiduels sont supportés à long terme et que les protagonistes concernés en sont conscients (cf. fig. 21 et 5.5.2). Cette remarque vaut aussi pendant la période allant de la planification des mesures jusqu'à la mise en œuvre complète d'un projet de protection contre les crues.

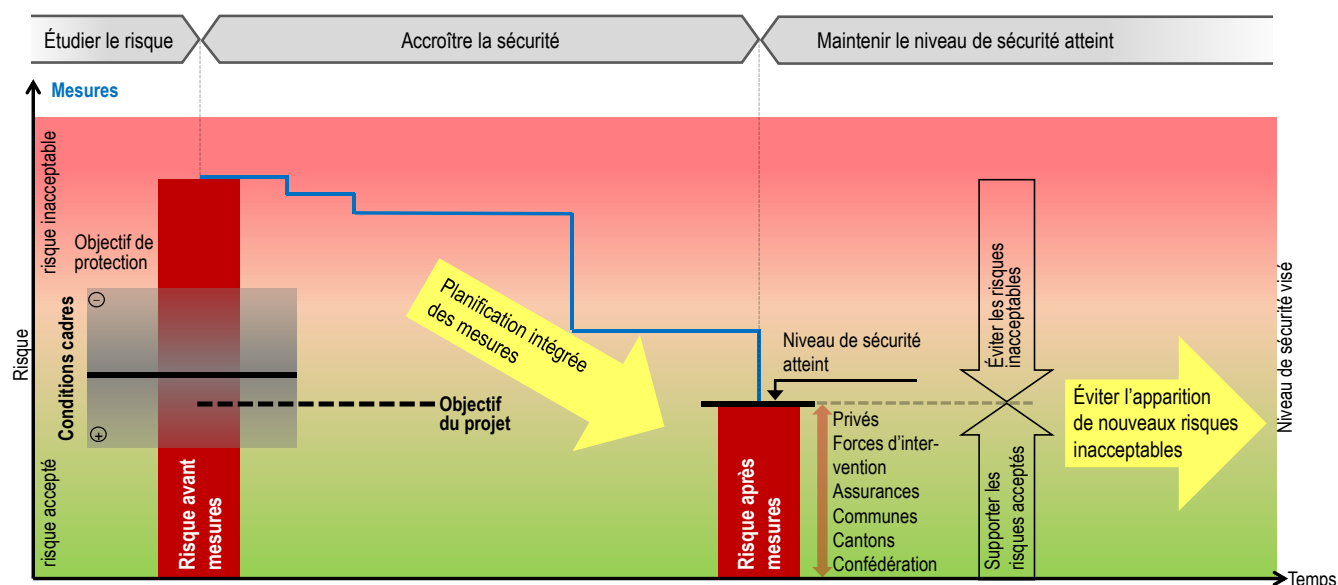
Le maintien durable du niveau de sécurité atteint «après les mesures» constitue aussi un grand défi (cf. fig. 21). Dans les études de cas considérées, l'entretien des cours d'eau, l'utilisation du sol basée sur les risques, l'examen et l'utilisation périodiques de plans d'urgence et la prise de leurs responsabilités par les particuliers et les décideurs politiques y contribuent (cf. aussi tab. 16).

Pour garantir l'efficacité durable d'un projet de protection contre les crues, l'augmentation disproportionnée du risque dans les secteurs présentant une menace résiduelle doit être enrayée. Des directives pour la construction et des restrictions d'utilisation permettent d'y parvenir dans les zones de dangers de couleurs bleu et rouge (cf. [13]). L'augmentation du potentiel de dommages dans des secteurs à faible menace ou risque résiduel peut toutefois être limitée uniquement si, dans le plan directeur et le plan d'affectation, le risque est également considéré en plus de la menace. Cependant dans certains cantons ce n'est pas le cas. Il est néanmoins possible d'intégrer cet état de fait dans le projet et de le corriger. Pour la Mortivue et le Rhône, un espace réservé aux eaux maintenu libre a été délimité, indépendamment du niveau de danger dans lequel il se situe. À Zurich, des mesures sont recommandées dans la procédure d'autorisation de construire même dans la zone de danger jaune.

Outre l'aménagement du territoire, des mesures organisationnelles ainsi que l'entretien sont essentiels pour garantir à long terme le niveau de sécurité atteint. L'efficacité des mesures de protection organisationnelles n'est pas prise en considération dans la cartographie des dangers. En revanche, elle l'est pour l'appréciation du risque (p.ex. dans les évaluations ou les cartes de risques); ce qui montre l'intérêt de telles mesures pour la population.

Fig. 21 > Procédure globale de définition d'objectifs de mesures (selon [12])

Les risques résiduels doivent pouvoir être supportés à long terme, et de nouveaux risques inacceptables être évités.



5 > Questions et enseignements résultant des études de cas

5.1 Vue d'ensemble

Pour atteindre le niveau de sécurité visé, des questions de fond se posent pour chaque projet, indépendamment de sa taille, de ses conditions cadres ou de son contexte. Ces questions sont listées ci-après pour chaque phase de la procédure.

Ces questions de fond complètent les enseignements tirés des huit études de cas des entretiens et des réactions d'experts. Elles mettent en perspective les enseignements des différents projets de protection contre les crues. Les enseignements sont présentés à titre d'exemples et ne prétendent aucunement à l'exhaustivité ou à l'universalité.

Pour faciliter la recherche et le renvoi aux enseignements, ceux-ci sont numérotés (sans tenir compte de la structure générale).

La figure 22 présente le déroulement de la procédure avec des questions et enseignements choisis.

5.2 Phase «Bases»

5.2.1 Questions

Les questions suivantes sont essentielles dans la phase «Bases»:

Acquisition des bases

- > Quelles sont les bases techniques existantes?
- > Quelles sont les bases de communication existantes?
- > Quels sont les travaux préparatoires à effectuer?

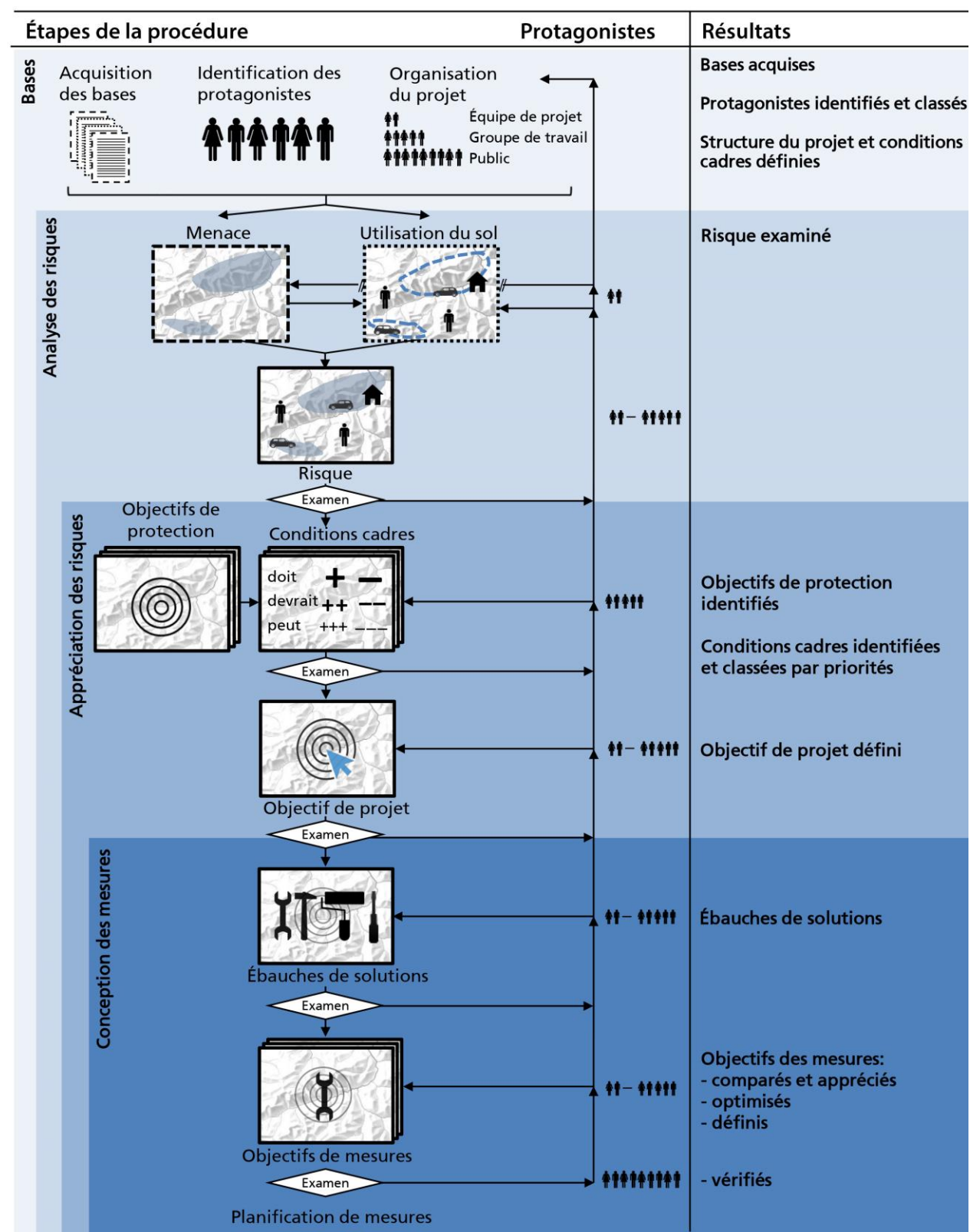
Identification et classification des protagonistes

- > Qui sont les protagonistes concernés? (quelles sont les entités assumant une responsabilité, les entités assumant un risque?)
- > Quelles sont les personnes-clés? (décideurs, personnes publiques, d'importance médiatique, défenseurs, etc.)
- > Comment sont organisés les protagonistes?
- > Qui assume quelles tâches, responsabilités et compétences?

Organisation du projet: définition de la structure et des conditions cadres

- > Quelle est l'organisation la mieux adaptée au projet?
- > Quelles sont les conditions institutionnelles?
- > Quelles sont les marges de manœuvre possibles?
- > Comment se déroulent la coordination et la communication du projet? (À quel moment et comment communiquer? Quels messages diffuser?)

Fig. 22 > Déroulement de la procédure avec questions et enseignements



Résultats	Questions	Enseignements
Bases acquises	• Quelles sont les bases existantes?	• En plus des bases techniques, préparation des données relatives à la communication • Implication d'experts et conseils extérieurs
Protagonistes identifiés et classés	• Qui sont les protagonistes concernés?	
Structure du projet et conditions cadres définies	• Quelle est la structure et l'organisation du projet? • Comment se déroulent la coordination et la communication? Qui s'en charge?	• Information et communication transparentes, différenciées et en continu
Risque examiné	«Que peut-il se passer?» • Analyse des dangers: Quel processus dangereux lié à l'eau peut se produire? À quel endroit, à quelle fréquence et de quelle ampleur? • Analyse de l'exposition: Où et comment le sol est-il utilisé? • Examen du risque: Comment se déroule l'augmentation du risque (de façon linéaire, par à-coups) et où des à-coups sont-ils possibles?	• Élaboration de différents scénarios • Identification des principaux centres de gravité des risques (hotspots) • Représentation de la surface inondée et de l'ampleur des dommages en fonction du débit
Objectifs de protection identifiés	«Quel risque est acceptable?» «Quel risque est inacceptable?» • Quels objectifs de protection doivent être atteints?	• Identification précoce et la plus complète possible des conditions cadres
Conditions cadres identifiées et classées par priorités	• Quelles sont les conditions cadres?	
Objectif de projet défini	• Quel est l'objectif visé conjointement par les différents protagonistes concernés? • Quels sont les risques résiduels? Qui les supporte et comment?	• Définition d'un objectif clair et accepté par l'ensemble des protagonistes intéressés • Vérification de la prise en charge du risque résiduel (par qui et comment)
Ébauches de solutions	«Que faut-il faire?» • Quels sont les objectifs de mesures envisageables?	• Élaboration d'ébauches de solutions impartiale, indépendante et basée sur les risques
Objectifs des mesures: - comparés et appréciés - optimisés - définis - vérifiés	• L'objectif de projet est-il atteint grâce à l'effet global des mesures planifiées? • Quel est le risque résiduel? Qui le supporte? • Comment et par qui le maintien du niveau de sécurité atteint est-il assuré?	• Visualisation des mesures planifiées • Communication réfléchie des chances et des risques • Recherche de flexibilité

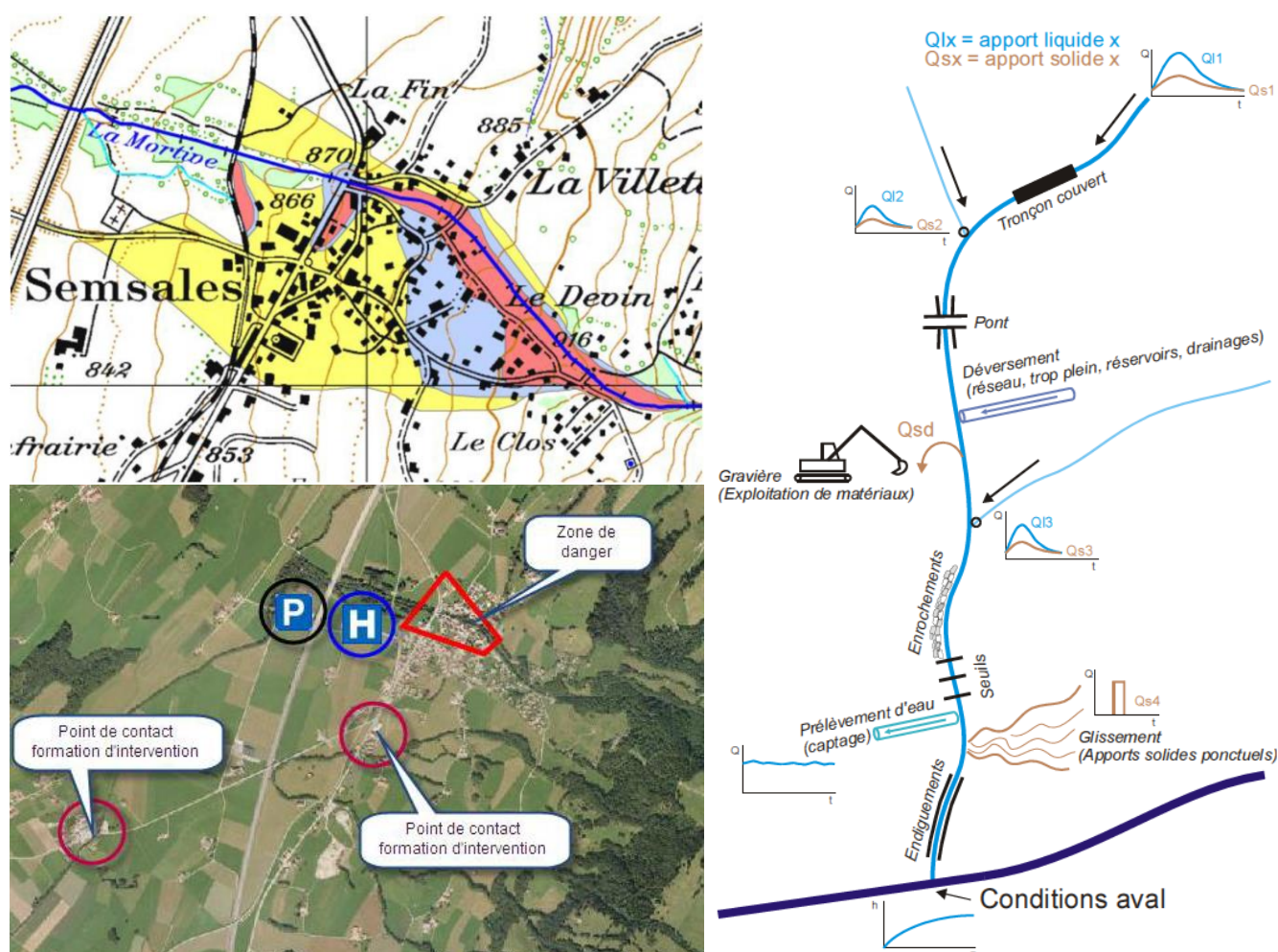
5.2.2 Enseignements tirés des études de cas

Acquisition des bases

i. Préparation des bases techniques les plus objectives et complètes possibles

Des bases complètes, scientifiquement fondées et validées au niveau politique, facilitent la planification du projet. Des bases techniques plausibles et compréhensibles par rapport aux dangers naturels, à l'aménagement du territoire, à la politique, etc. sont le fondement d'une procédure transparente et de la communication concernant un projet. Elles conditionnent les discussions relatives aux évaluations de risques existants et aux ébauches de solutions. Outre l'exactitude technique, des exigences élevées de plausibilité et de clarté s'imposent.

Fig. 23 > Extrait des bases relatives au projet de protection contre les crues sur la Mortivue [16]



ii. Préparation des bases de communication et information précoce des protagonistes concernés

En plus des bases techniques, les données relatives à la communication doivent être préparées dès le début d'un projet. Elles servent à sensibiliser et à impliquer personnellement les protagonistes intéressés et la population dans son ensemble dès le lancement du projet, assurant ainsi un large soutien et une meilleure acceptation. Ces bases de communication peuvent être p. ex. des documents clairs et facilement compréhensibles tels que des photos d'événements passés, des modèles physiques et numériques, des films, etc.

Fig. 24 > Crue de l'Aar à Berne, août 2005 [27]



Les souvenirs d'un événement concret s'effacent généralement vite – excepté chez les personnes directement touchées. Les mesures suivantes peuvent aider à sensibiliser au quotidien la population à la situation de danger et ainsi soutenir la procédure de planification et de mise en œuvre de mesures de protection contre les crues (selon [11]):

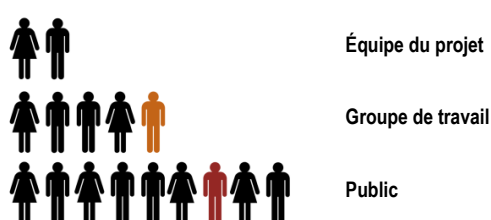
- > Profiter d'occasions pour informer la population des dangers naturels et de la responsabilité de chacun (p. ex. annuaires, sites Internet, inauguration d'infrastructures et de bâtiments publics, etc.).
- > Signaler sur place les événements et dommages passés (p. ex. indiquer le niveau d'eau dans des endroits particulièrement visibles, faire édifier des monuments).

Identification et classification des protagonistes

iii. Réflexion sur la classification et la composition de l'équipe

Les protagonistes identifiés au préalable sont répartis entre les groupes «équipe du projet», «groupe de travail» et «grand public», à qui sont attribuées différentes tâches et compétences (cf. 4.1.4).

Fig. 25 > Classification des protagonistes et composition de l'équipe



Certains exemples (p. ex. sur la Sihl à Zurich) ont montré que l'intégration de personnes non spécialisées dans le sujet, comme des artistes ou des anticonformistes, pouvait s'avérer enrichissante dans la mesure où ces personnes apportent parfois des visions nouvelles, ignorées jusqu'alors. Notamment au début d'un projet, toutes les idées et propositions même les plus saugrenues doivent avoir leur place. (cf. aussi expérience xxi «Élaboration d'ébauches de solutions impartiale, indépendante et basée sur les risques»).

iv. Implication d'experts et de conseillers extérieurs

Spécialement pour les gros projets, l'implication de conseillers spécialisés extérieurs et/ou d'experts en communication peut s'avérer judicieuse.

Pour les projets de grande ampleur, en plus des groupes de protagonistes activement impliqués, la constitution d'une équipe de conseil externe ne participant pas directement à l'élaboration du projet peut être profitable. Informée de l'état du projet à intervalles réguliers, cette équipe donne des réactions critiques sur les travaux en cours. Le contrôle de la qualité des travaux est ainsi assuré.

Il peut s'avérer intéressant aussi de faire présenter un projet par des personnalités charismatiques. Celles-ci génèrent une meilleure acceptation, de l'enthousiasme et l'identification à un projet, facilitant ainsi la procédure de définition d'objectifs de mesures. Les études de cas ont montré qu'au cours de discussions avec un large groupe de protagonistes le type de communication sur un projet a au moins autant d'importance que le contenu.

La participation des décideurs (politiques, dirigeants) est également essentielle. L'implication personnelle augmente les chances de mise en œuvre d'un projet.

Fig. 26 > Implication du célèbre architecte Peter Zumthor dans la construction du nouveau pont sur le Rhin de Vals



www.novoceram.com/blog/deco-trends/la-pierre-de-vals, www.hochparterre.ch, mise à jour: 16.02.2015

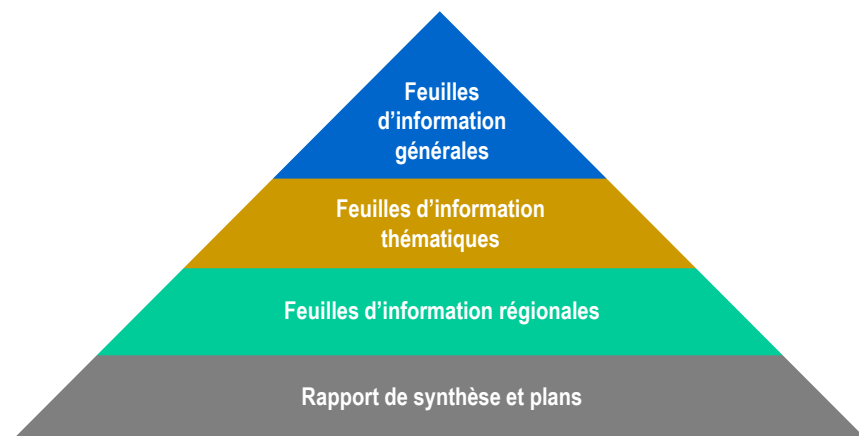
Organisation du projet: définition de la structure et des conditions cadres

v. Information et communication transparentes, différenciées et permanentes

Une information et une communication régulières à différents niveaux favorisent la sensibilisation, un élément essentiel pour une réalisation ciblée du projet. Un service de coordination central assure une présence concertée et l'information commune et coordonnée des offices vers l'extérieur. Pour régler la communication interne entre les différents services impliqués, la mise en place d'un service de coordination est recommandée, notamment pour les gros projets.

Pour que les informations soient exploitées, elles doivent être facilement accessibles, bien compréhensibles et actuelles. Si les protagonistes concernés ont participé à un projet, ou du moins en ont été informés en permanence, sa mise en œuvre risque moins de se heurter à des difficultés (cf. aussi expérience ii «Préparation des bases de communication et information précoce des protagonistes concernés»).

Fig. 27 > Information sur la 3^e correction du Rhône [29]



Le dialogue sur les risques se déroule de diverses façons dans différentes situations et à différents niveaux (cf. fig. 27). En plus de réunions et d'entretiens personnels, des sites Internet, des brochures, des présentations avec diapositives, des circulaires d'information, des affiches et des films entre autres peuvent favoriser la communication. [11]

Le coût et le bénéfice que représente l'intégration des différents médias doivent être étudiés selon le projet et sa taille. Généralement, plus le projet est important et plus les groupes de protagonistes concernés sont variés, plus les canaux d'information et de communication doivent être diversifiés. Pour les petits projets, les contacts peuvent être directs grâce à des entretiens personnels, et la communication peut se faire au moyen de canaux informels. La «Boîte à outils» Dialogue sur les risques naturels. Conseils et aides pratiques pour informer sur les dangers naturels de la PLANAT [11] regroupe des outils et des recommandations pour la communication.

vi. Présentation de la structure du projet

Les conditions formelles d'un projet telles que sa structure, les responsabilités et la marge de manœuvre avec les protagonistes, doivent être clarifiées et communiquées dès le début.

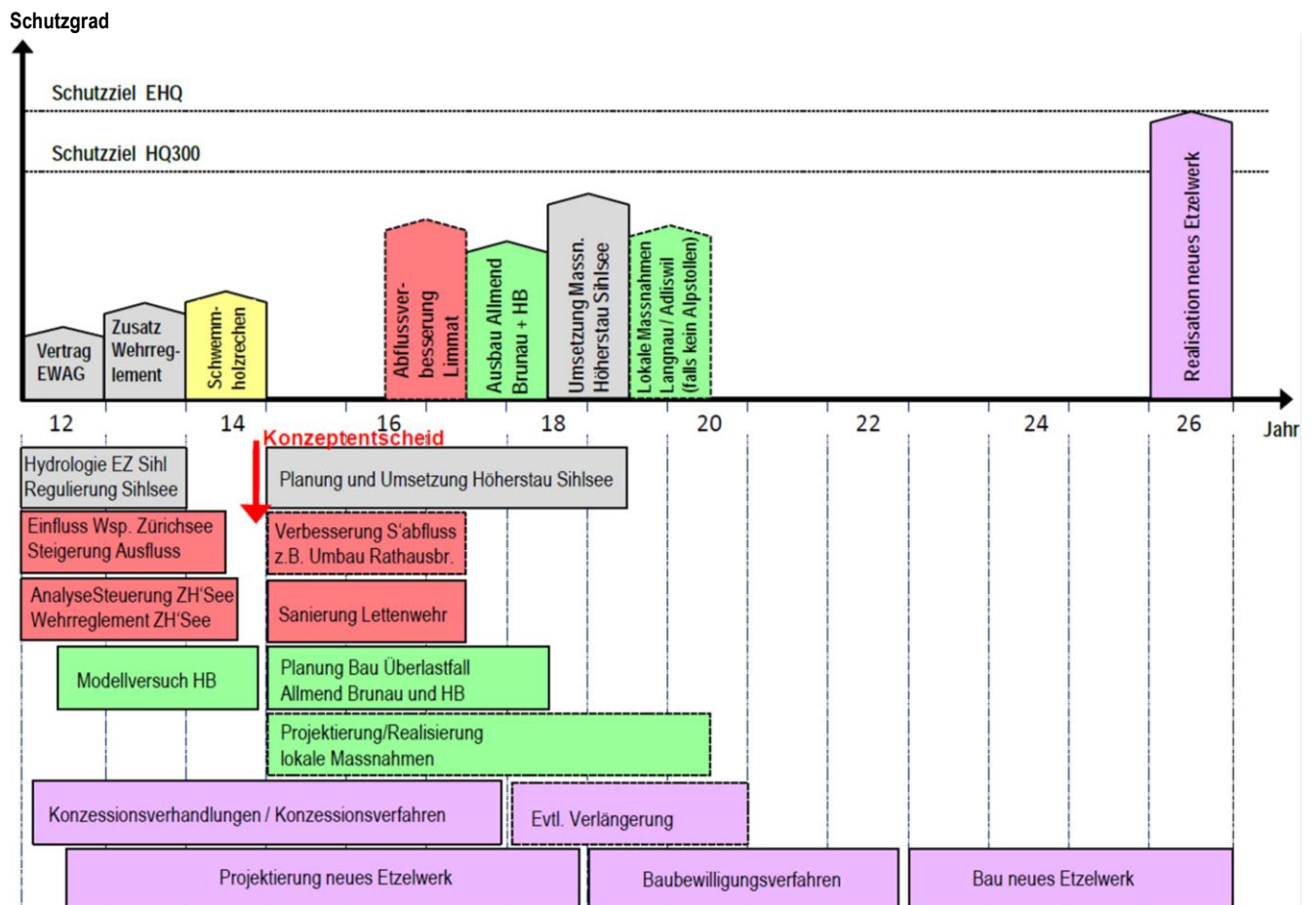
Fig. 28 > Représentation schématique de l'organisation du projet global «Protection contre les crues sur l'Aar à Berne» [26]



vii. Élaboration d'un planning plausible

Un planning réaliste, établi au début du projet, structure le déroulement de la procédure. Les questions financières, les appels d'offres et les prises de décisions prennent généralement du temps et doivent être planifiés dès le lancement d'un projet.

Fig. 29 > Planning sommaire d'un projet sur la Sihl à Zurich [24]



5.3 Phase «Analyse des risques»

5.3.1 Questions

L'analyse des risques s'intéresse à la question «**Que peut-il se passer?**». Les questions de fond qui se posent au cours de cette phase sont les suivantes:

Menace

- > Quel processus dangereux peut se produire? À quel endroit, à quelle fréquence et dans quelle ampleur?
- > Quels sont les processus à attendre (primaires et secondaires)?
- > Existe-t-il des processus à effet de seuil majeurs?

Utilisation du sol

- > Où et comment le sol est-il utilisé ?
- > Quelle évolution future est attendue?

Risque

- > Où, à quelle fréquence et dans quelle ampleur une menace interfère-t-elle avec l'utilisation du sol?
- > Quels sont les risques indirects (dommages subséquents, notamment aux infrastructures, à l'industrie et aux administrations)?
- > Des réactions en chaîne / effets dominos peuvent-ils se produire? Quand? Où? Comment?
- > Quels sont les principaux risques et où se situent-ils (zones sensibles et risque important)?
- > Comment se déroule l'augmentation du risque (de façon linéaire, par à-coups)?
- > Quelle évolution du risque est à prévoir pour l'avenir?
- > Comment faut-il classer le risque concernant les crues dans le contexte du risque global?

5.3.2 Enseignements

Menace

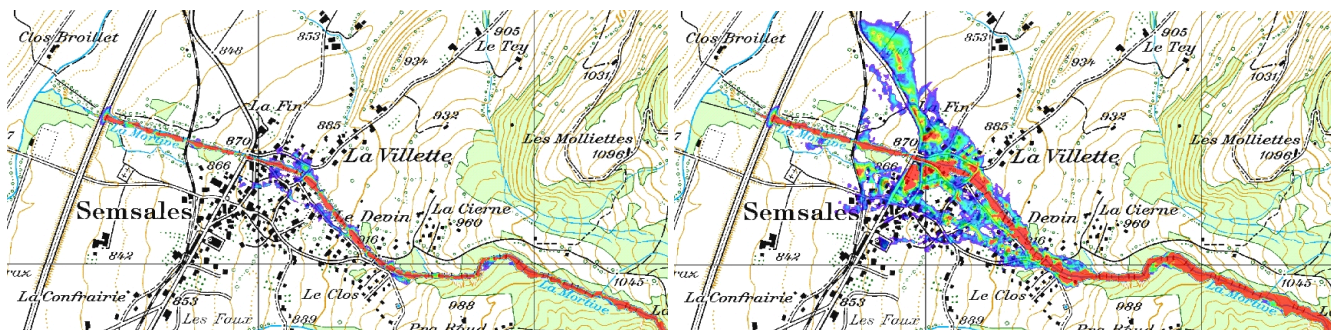
viii. Modélisations

Des modélisations peuvent contribuer à une meilleure compréhension du processus et mettent en évidence la menace. Elles permettent de clarifier la structure du risque telle qu'une montée du risque par à-coups.

Pour une première identification intuitive de la menace – et donc aussi du risque – les chiffres sont généralement inutiles. Souvent, il suffit de montrer quelles sont les surfaces concernées ainsi que les biens qui s'y trouvent pour les différents scénarios (cf. fig. 30).

Fig. 30 > Modélisation de la menace de lave torrentielle sur la Mortivue

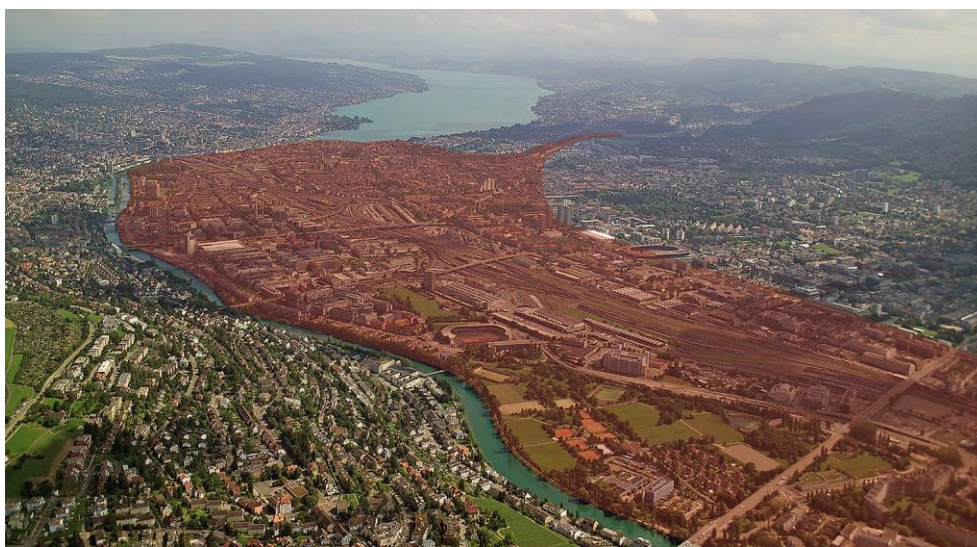
Exemple des résultats des profondeurs d'eau maximales pour un volume charrié de 20 000 m³ (à gauche) et de 60 000 m³ (à droite). [15]



ix. Élaboration de différents scénarios

Pour déterminer de manière complète la situation de danger actuelle, il convient de considérer différents scénarios. Il faut non seulement recenser les conséquences des débits de crue habituels, prévisibles (p. ex. HQ₁₀₀, HQ₃₀₀), mais également imaginer l'impensable, entre autres l'influence de réactions en chaîne (p. ex. défaillance simultanée de plusieurs ouvrages de protection existants), l'influence d'autres menaces sur le danger de crue ou les conséquences d'événements d'ampleurs inconnues jusqu'alors (p. ex. plusieurs rivières en crue en même temps). Dans le cas de la Sihl, on a ainsi calculé quelles auraient été les conséquences pour Zurich si les précipitations d'août 2005 avaient été centrées sur le bassin versant de la Sihl. Dans 15 des 16 scénarios possibles élaborés, l'agglomération aurait été inondée (cf. fig. 31). Il peut aussi être intéressant dans l'élaboration de scénarios de regarder vers l'avenir: quelles précipitations et quels débits sont à prévoir dans x années? La prise en considération de différents scénarios permet de prendre en compte toute la palette de dangers possibles.

Fig. 31 > La zone d'inondation potentielle de la Sihl à Zurich est signalée en rouge



www.kanton.zh.ch/dam/Portal/internet/news/mm/2012/090/high/Schwemmkegel_300.jpg.spooler.download.1334151481981.jpg/Schwemmkegel_300.jpg, état: 06.06.2015

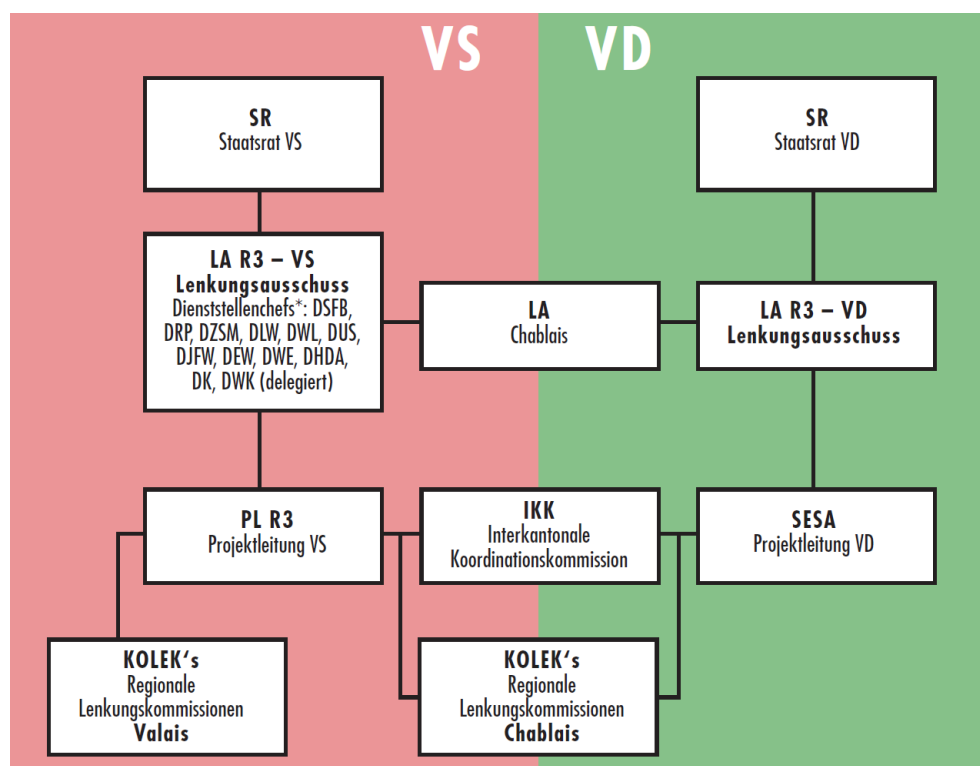
Utilisation

x. Prise en compte des processus dangereux indépendamment des frontières politiques

Les processus dangereux ignorent les frontières politiques. Pour avoir une vision globale et élaborer des mesures s'appuyant sur les risques, il est donc impératif que tous les protagonistes et services travaillent ensemble, par-delà les frontières politiques.

Pour conserver une vision d'ensemble sur une zone d'étude continue et sur les processus dangereux, mieux vaut privilégier des projets globaux à des projets isolés.

Fig. 32 > Représentation schématique de la structure de projet avec l'exemple du Rhône: organigramme de la direction technique [28]



Risque

xi. Analyse participative des risques

Une large procédure participative de définition des objectifs des mesures contribue à sensibiliser et à informer tous les protagonistes impliqués et renforce la responsabilité de chacun d'entre eux.

Les connaissances de terrain doivent entrer dans l'analyse des risques, et la vulnérabilité effective d'objets de grande valeur ou de grande importance est à étudier.

Pour une planification des mesures basée sur les risques et le renforcement de la responsabilité individuelle des protagonistes, il est nécessaire que le risque existant soit connu dans son intégralité.

Lors d'une analyse des risques concernant les dangers de crues, il ne faut pas oublier que celle-ci ne représente qu'une petite partie d'une vaste analyse des risques. Il faut vérifier comment le risque relatif aux dangers naturels s'intègre dans le risque global

Fig. 33 > Participation selon l'exemple du Rhône [29]



Visualisation des risques

xii. Entre utilisation du sol et menace

La prise de conscience est un fondement pour définir des objectifs de mesures. Il convient ici de privilégier les images aux chiffres.

Des visualisations favorisent le dialogue sur les risques de la manière suivante:

- > Elles mettent en évidence les risques et les rendent compréhensibles pour différents protagonistes.
- > Elles montrent la structure du risque.
- > Elles permettent de représenter en plus des risques quantifiables également les risques qualitatifs.
- > Elles peuvent déclencher une meilleure prise de conscience que des discours oraux ou écrits.

xiii. Identification des centres de gravité des risques (hotspots)

Quelques bâtiments ou infrastructures seulement peuvent être à l'origine d'une grande partie des dommages potentiels. Il faut identifier ces points stratégiques afin de formuler et hiérarchiser les mesures nécessaires visant à réduire les risques en crue.

Les cartes de risques (cf. fig. 35, selon l'exemple de la Sihl, Zurich) peuvent combiner différents types de risques et donner une vue d'ensemble qualitative des risques effectifs existants. Il s'est révélé que le risque dépendait autant de l'utilisation que de la vulnérabilité. Ainsi, des secteurs présentant une faible menace peuvent être associés à des risques élevés [22]. Avec l'aide de personnes connaissant les lieux ou des assurances, les centres de gravité des risques peuvent être étudiés et délimités.

Fig. 34 > Densité d'emplois dans la zone menacée de la Sihl à Zurich [21]

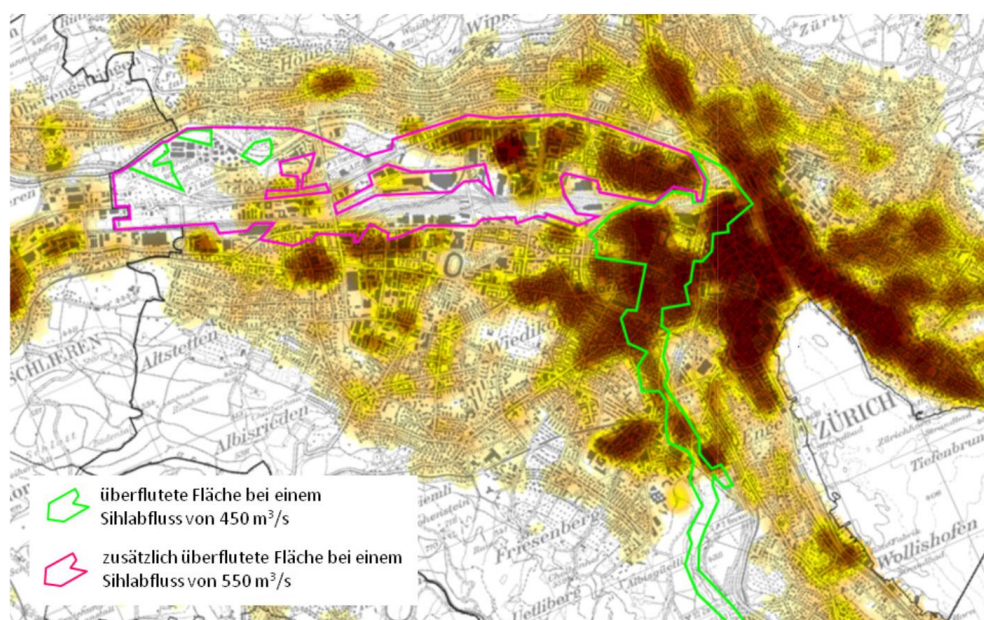
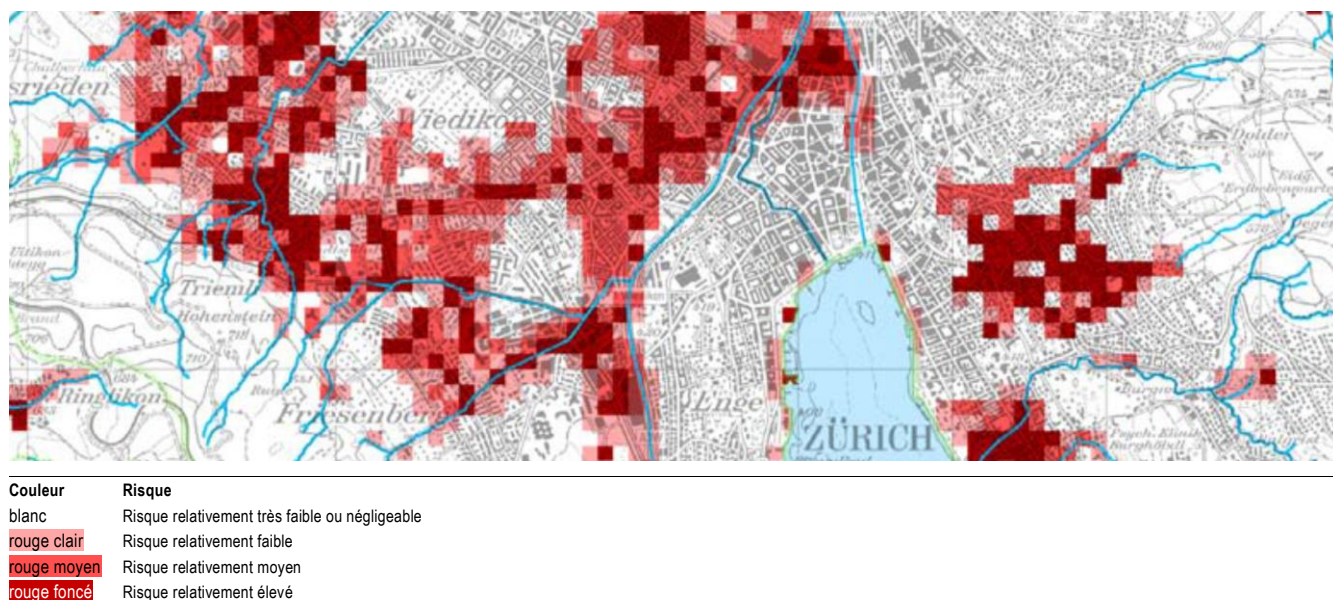


Fig. 35 > Extrait de la carte de risques du canton de Zurich [23]



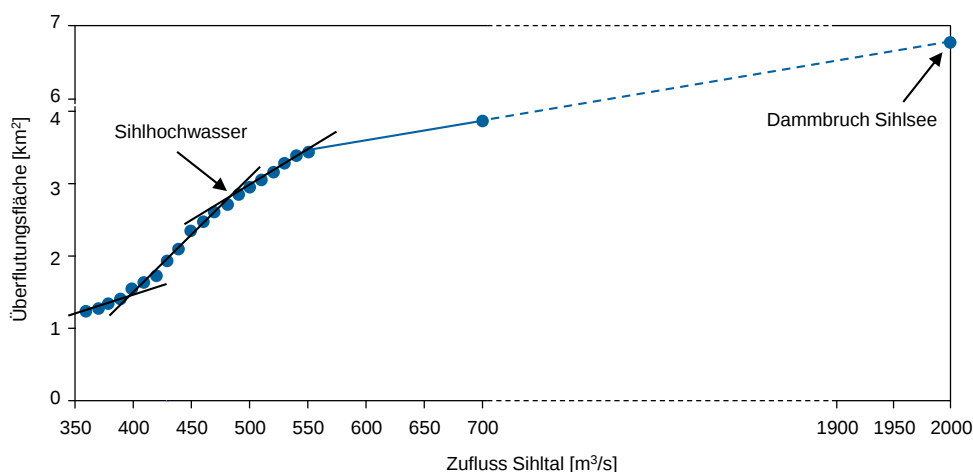
xiv. Représentation de la surface inondée en fonction du débit

La représentation de la surface inondée en fonction du débit peut améliorer la compréhension du processus, car l'ampleur des dommages attendue est généralement directement liée à la surface inondée, notamment dans les zones urbaines. Le rapport entre le débit et la surface inondée ainsi qu'une première estimation de l'ampleur des dommages peuvent être appréciés approximativement sur place ou avec les géodonnées

existantes. Ainsi, une augmentation brusque du risque peut souvent être identifiée avec un minimum de moyens.

Suivant l'exemple de la Sihl à Zurich, l'ampleur des dommages possible a été calculée sur la base des surfaces inondées, avec des valeurs de débits de 360 m³/s, 450 m³/s et 550 m³/s. Par ailleurs, les surfaces inondées ont été déterminées pour un débit de 700 m³/s et pour un débit de 2000 m³/s dû à une rupture de digue sur le lac de Sihl. L'ampleur des dommages correspondante a été déterminée à l'aide d'une extrapolation linéaire (cf. fig. 36). On constate une rapide augmentation du risque lorsque le débit de la Sihl se situe entre 400 m³/s et 550 m³/s. [21]

Fig. 36 > Surface inondée en fonction du débit de la Sihl avec une augmentation brusque du risque comprise entre 400 et 550 m³/s [21]

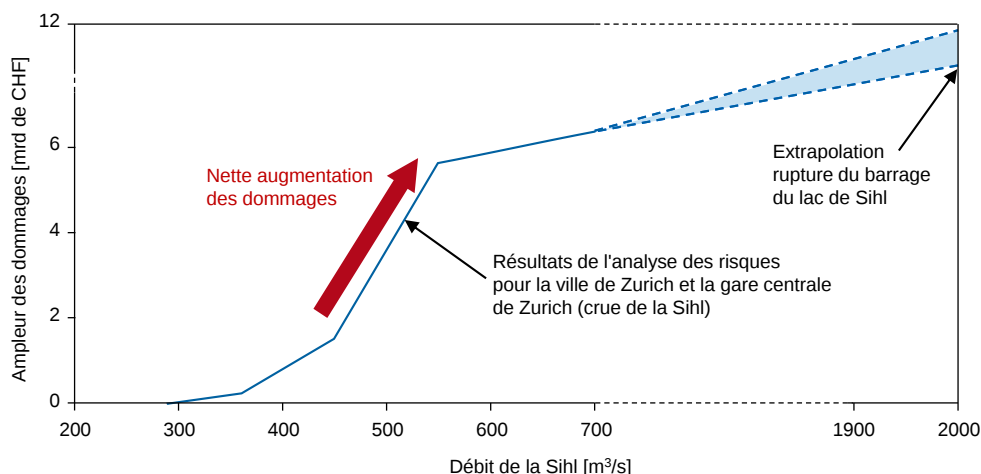


xv. Représentation de l'ampleur des dommages en fonction du débit

Le lien entre le débit et l'ampleur des dommages (aux biens de grande valeur et/ou aux personnes) est représenté et analysé à l'aide d'un graphique tel que la figure 37. La représentation de l'ampleur des dommages [CHF] en fonction du débit [m³/s] est utile, en particulier, pour identifier une augmentation brusque du risque pouvant influencer les objectifs des mesures (cf. Expérience xxv «Représentation de l'ampleur des dommages et du coût des mesures en fonction du débit»). Il est difficile d'estimer les dommages indirects comme le nombre d'exploitations à l'arrêt, les risques individuels dus à des comportements inadaptés, la perte d'image ou les préjudices financiers.

La figure 37 montre, selon l'exemple de la Sihl à Zurich, que l'ampleur des dommages n'évolue pas de façon linéaire mais augmente nettement plus entre 450 m³/s et 550 m³/s qu'entre 360 m³/s et 450 m³/s. Au-delà de 550 m³/s, l'ampleur des dommages augmente plus modérément. [21]

Fig. 37 > Ampleur des dommages en fonction du débit de la Sihl (sans tenir compte des dommages dus aux reflux de canalisation et hausse de la nappe souterraine) [21]



xvi. Élaboration d'une analyse des risques et indication de la valeur annuelle des dommages attendus

Une analyse des risques peut servir de base de discussion entre les entités assumant une responsabilité concernant le niveau de sécurité à atteindre et pour définir de manière concertée des objectifs de projet. Concrètement, une analyse des risques présente les intérêts suivants:

- > Elle met en évidence les plus gros besoins.
- > Elle permet de hiérarchiser systématiquement les mesures (affectation des moyens aux endroits les plus efficaces ou dans la meilleure combinaison).
- > Elle offre une base pour une argumentation transparente et objective des décisions.

Une analyse des risques peut entre autres déboucher sur une carte de risques avant et après les mesures comme le montre la fig. 35 (situation avant les mesures). En plus de la carte de risques, il est également utile d'indiquer la valeur annuelle des dommages attendus pour établir des rapports coûts / efficacité. Pour la communication avec la population, les cartes de risques conviennent aussi bien que l'ampleur des dommages pour différents débits

Fig. 38 > Analyse des risques avant les mesures sur la Sorne à Delémont. Calcul du risque quantifié avec EconoMe [18]

Analyse des conséquences avant prise de la mesure				
Inondation statique -				
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
Catégorie	Scénario 30	Scénario 100	Scénario 300	Scénario 1000
Bâtiments	5 307 279 CHF	12 809 743 CHF	16 391 788 CHF	23 275 134 CHF
Objets spéciaux	0 CHF	1 200 000 CHF	1 200 000 CHF	1 625 000 CHF
Trafic routier	78 560 CHF	78 560 CHF	133 819 CHF	140 420 CHF
Lignes et conduites	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Remontées mécaniques	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Agriculture, forêt et espaces verts	5 CHF	70 208 CHF	70 208 CHF	134 475 CHF
Trafic ferroviaire	4 663 680 CHF	11 081 922 CHF	16 074 262 CHF	16 910 249 CHF
Objets spéciaux Rail	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Personnes	1 226 CHF	1 364 CHF	3 296 CHF	4 910 CHF
Ampleur des dégâts totaux	10 050 800 CHF	25 241 800 CHF	33 873 400 CHF	42 090 200 CHF
Ampleur des dégâts aux personnes	0.000245141	0.000272827	0.000659247	0.000981919
Vue d'ensemble du risque intégré par an - tous les scénarios				
Risque pour les biens matériels	523 874 CHF/a			
Risque pour les personnes	50 CHF/a			
Risque total	523 924 CHF/a			

5.4 Phase «Appréciation des risques»

5.4.1 Questions

L'appréciation des risques permet de répondre aux questions «**Quel risque est acceptable?**» et «**Quel risque n'est pas acceptable?**». Les questions suivantes sont essentielles dans cette phase:

Identification des objectifs de protection

- > Quel niveau de sécurité les entités assumant une responsabilité visent-elles dans leur domaine?
- > Comment et selon quels critères les objectifs de protection sont-ils transposés dans le contexte local?
- > Quelles sont les conditions juridiques?

Identification et hiérarchisation des conditions cadres

- > Quelles sont les conditions cadres?
- > Comment et selon quels critères les conditions cadres sont-elles hiérarchisées?

Définition des objectifs de projet

- > Quel est l'objectif de projet visé conjointement par l'ensemble des entités assumant une responsabilité et les entités assumant un risque concernées?
- > Quels sont les risques acceptés (aujourd'hui et demain)?
- > Quels risques ne sont pas acceptés (aujourd'hui et demain)?

- > Quels sont les risques de défaillance ou risques résiduels?
- > Comment la situation évolue-t-elle? Comment le système évoluera-t-il à l'avenir, dans x années?

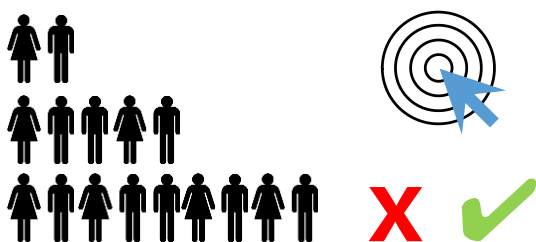
5.4.2 Enseignements

Identification et hiérarchisation des objectifs et des conditions cadres

xvii. Identification précoce des objectifs de protection et des conditions cadres, de leurs chances et de leurs limites, avec tous les protagonistes intéressés à tous les niveaux

Les synergies existantes peuvent être exploitées, et des planifications à répétition coûteuses évitées si les conditions cadres d'un projet sont clarifiées suffisamment tôt. Pour créer les bases d'un déroulement fluide et fixer des objectifs de mesures réalisables, il faut identifier, en plus des divers intérêts et objectifs des protagonistes, les éventuelles contraintes matérielles et les chances à différents niveaux (local, régional, cantonal et fédéral).

Fig. 39 > Identification des objectifs et conditions cadres avec l'ensemble des protagonistes intéressés

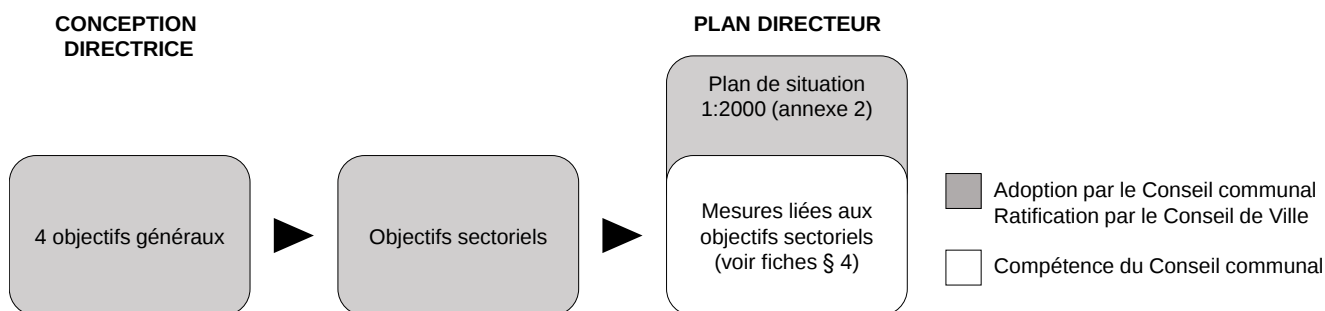


Définition de l'objectif du projet

xviii. Définition d'un objectif clair et accepté par l'ensemble des protagonistes intéressés

Un objectif de projet clairement défini et accepté par l'ensemble des protagonistes intéressés permet une planification ciblée.

Fig. 40 > Objectifs selon l'exemple de la Sorne à Delémont [20]

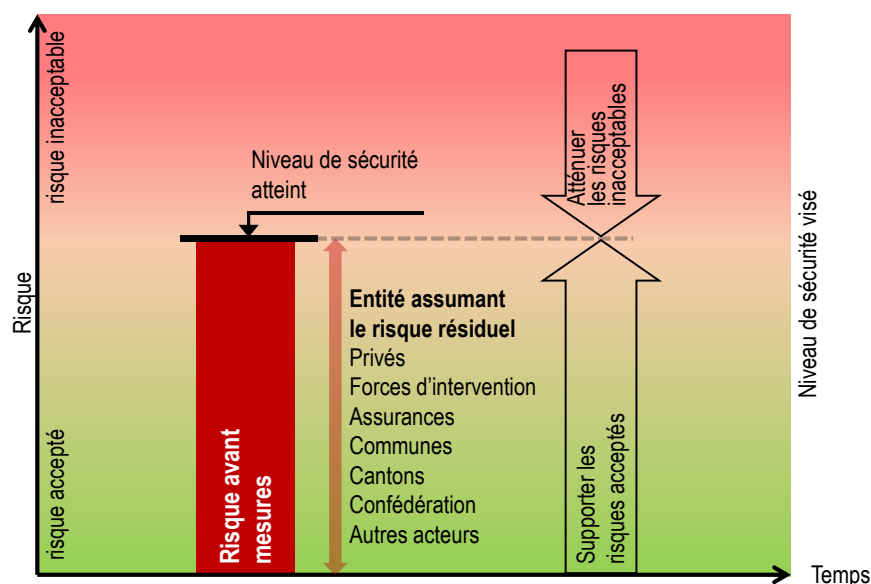


xix. Vérification de la prise en charge du risque résiduel (par qui et comment)

Les questions relatives au risque résiduel font également partie de l'objectif du projet. Les entités assumant un risque doivent avoir conscience du risque résiduel pour chaque objectif de projet et accepter de le supporter. Il est donc essentiel pour définir et atteindre l'objectif du projet de savoir assez tôt comment gérer ce risque résiduel (cf. fig. 41).

La communication du risque résiduel ainsi que du risque avant mesures doit se faire à l'avance et minutieusement.

Fig. 41 > Protagonistes assumant le risque résiduel (par mesure) (selon [12])



5.5 Phase «Conception des mesures»

5.5.1 Questions

La phase «Conception des mesures» doit apporter des réponses à la question: «**Que faut-il faire?**». Les questions de fond qui se posent au cours de cette phase sont les suivantes:

Élaboration d'ébauches de solutions

- > Quelles sont les mesures / combinaisons de mesures possibles?
- > Quels sont les objectifs de mesures envisageables?

Comparaison, évaluation, définition et étude d'objectifs de mesures

- > Quels sont les chances et les risques des objectifs des mesures?
- > Quelles sont les entités assumant un risque avant et après les mesures?
- > Selon quels critères les ébauches de solutions et les objectifs des mesures sont-ils évalués?

- > Quels sont les risques résiduels, sont-ils acceptables?
- > Quels sont les objectifs des mesures poursuivis?
- > L'objectif du projet est-il atteint grâce à l'effet global des mesures planifiées?
- > Quel est le risque résiduel (cas de surcharge)? (imaginer l'impensable)
- > Comment et par qui le maintien du niveau de sécurité atteint grâce aux mesures prises est-il assuré (exploitation et entretien)?
- > Comment l'état de sécurité évoluera-t-il à l'avenir et quel niveau de sécurité sera visé?

5.5.2 Enseignements

Élaboration d'ébauches de solutions

xx. Élaboration participative d'ébauches de solutions

Dans les études de cas analysées, il s'est avéré que les éventuels impacts nécessaires (p. ex. sur le paysage ou sur le site) étaient généralement mieux acceptés par la population lorsqu'ils n'étaient pas décidés par des tiers mais qu'ils résultaient plutôt d'une procédure participative. Les avis, idées et souhaits des différents protagonistes doivent être pris au sérieux et étudiés. Idéalement, chaque mesure de protection contre les crues repose sur une pesée des intérêts claire, transparente et complète de toutes les entités assumant une responsabilité ou un risque.

Fig. 42 > Appel à la participation: exemple de questionnaire pour le Mutzbach [16]

Fragen zum Vorprojekt

Soll der Hochwasserschutz zwischen Seeberg und Bettenhausen mit einem Gesamtkonzept gelöst werden?

Ja ☐ Nein ☐

Sind Sie grundsätzlich mit dem Projekt einverstanden?

Ja ☐ Nein ☐

Aus Ihrer Sicht wichtige Punkte / Kritik / Verbesserungsvorschläge / Wünsche:

[illegible]

Name, Vorname:

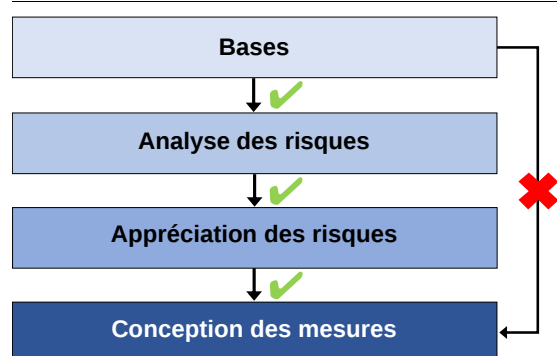
Adresse:

Ort, Datum:

xxi. Élaboration d'ébauches de solutions impartiale, indépendante et basée sur les risques

Les ébauches de solutions doivent s'appuyer sur le risque préalablement déterminé, les objectifs de protection et les conditions cadres. Pour une élaboration optimale, il convient de procéder de manière impartiale et de façon aussi indépendante que possible par rapport aux influences politiques ou personnelles. Certains exemples ont montré que, pour les petits projets notamment, des ébauches de solutions risquaient d'être basées sur des opinions et des idées préconçues plutôt que sur des réflexions sur le risque. Les préjugés sont un obstacle à toute procédure de définition des objectifs des mesures basés sur les risques. Il est donc essentiel de concevoir la procédure de manière à ce que ces idées et opinions soient exprimées mais qu'elles s'intègrent dans un contexte général plus objectif.

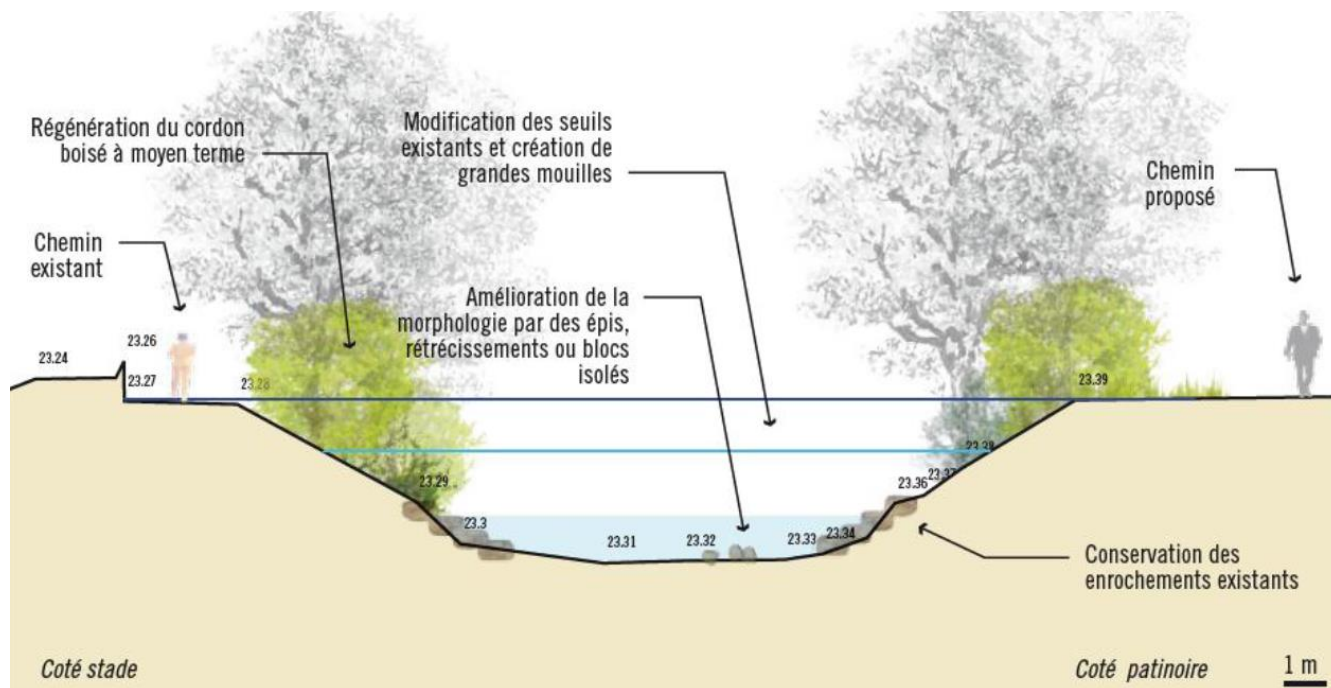
Fig. 43 > Élaboration d'ébauches de solutions basée sur les risques



xxii. Garantie d'un large éventail de mesures

Des projets globaux de protection contre les crues ne se limitent pas seulement à des mesures de construction, ils prennent également en compte des mesures d'aménagement du territoire (incluant les procédures d'octroi de permis de construire), de maintenance et d'intervention ainsi que des mesures écologiques. Seule la combinaison de plusieurs types de mesures permet d'atteindre une protection contre les crues globale et durable.

Outre les différents types de mesures, toutes les autres formes de menaces et les éventuels autres projets de construction en attente doivent être considérés. Lors de la mise en œuvre de la protection contre les crues, des impacts négatifs (p.ex. reflux d'un ruissellement à cause d'une digue) peuvent ainsi être évités, et des synergies peuvent même être exploitées. Ces impacts négatifs peuvent aussi influencer le choix des mesures p.ex. lorsque des dommages surviennent malgré des mesures de protection contre les crues parce que la nappe souterraine continue à monter.

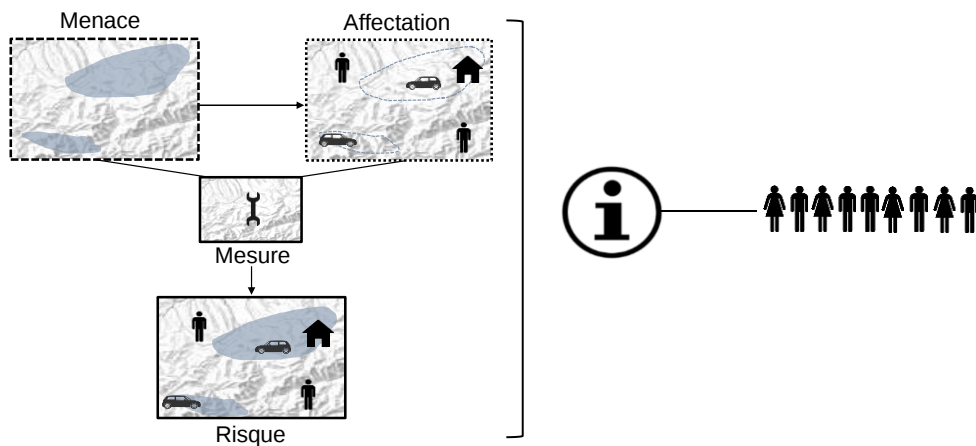
Fig. 44 > Protection contre les crues prévue sur la Sorne à Delémont, secteur 3 – Blancherie [19]*Les mesures écologiques sont une partie intégrante essentielle du projet.***Comparaison, évaluation, définition et étude des objectifs des mesures****xxiii. Justification claire et transparente des décisions prises**

Une procédure transparente et justifiée prévient les conflits. La compréhensibilité favorise l'approche globale d'un projet de protection contre les crues, qui est essentielle pour définir efficacement les objectifs des mesures. Un projet ne peut pas aboutir si tous les protagonistes ne pensent qu'à leur propre intérêt économique. Un mode de pensée globale, l'ouverture d'esprit et la disposition à reconsidérer ses idées, et éventuellement à les adapter ou à les revoir (ouverture au dialogue), sont exigés de tous les participants et doivent être encouragés.

Généralement, plus le nombre de protagonistes concernés par une crue ou un projet de protection contre les crues est important et plus ils sont touchés, plus la procédure de planification doit être transparente.

Pour que le dialogue entre protagonistes de différents horizons et différents niveaux de connaissances puisse s'établir correctement, toutes les bases et étapes de la procédure doivent être communiquées clairement, et les décisions formulées de manière compréhensible. Pour éviter tout malentendu, mieux vaut ne pas employer de termes techniques, sinon de façon explicite.

Fig. 45 > Justification claire des décisions et information transparente



xxiv. Visualisation des mesures planifiées

Les visualisations étayent ce qui a été dit et écrit, améliorent la compréhension. Elles représentent donc une base essentielle pour des discussions sur l'évaluation de mesures (cf. fig. 46).

Fig. 46 > Visualisation des mesures sur l'Aar à Berne

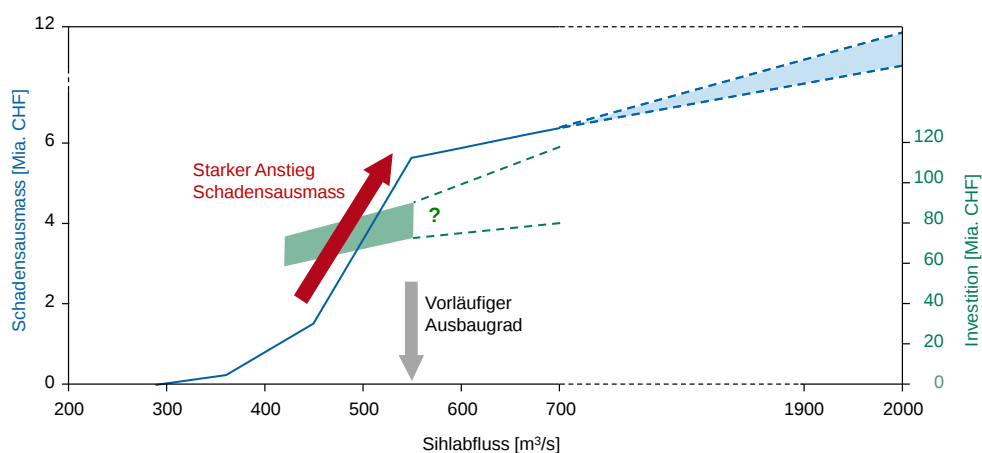
À gauche: avant les mesures; à droite: plan d'aménagement après les mesures [26].



xxv. Représentation de l'ampleur des dommages et du coût des mesures en fonction du débit

Le lien entre le débit et l'ampleur des dommages, ainsi que l'évolution des coûts suivant les mesures prises, est représenté et analysé à l'aide du graphique de la figure 47. Celui-ci constitue une base d'adaptation éventuelle et d'optimisation des objectifs des mesures (cf. fig. 48 et fig. 49).

Fig. 47 > Ampleur des dommages et coûts d'investissement des plans de protection contre les crues (sans tenir compte des dommages dus aux reflux de canalisation et hausse de la nappe souterraine) en fonction du débit de la Sihl [21]



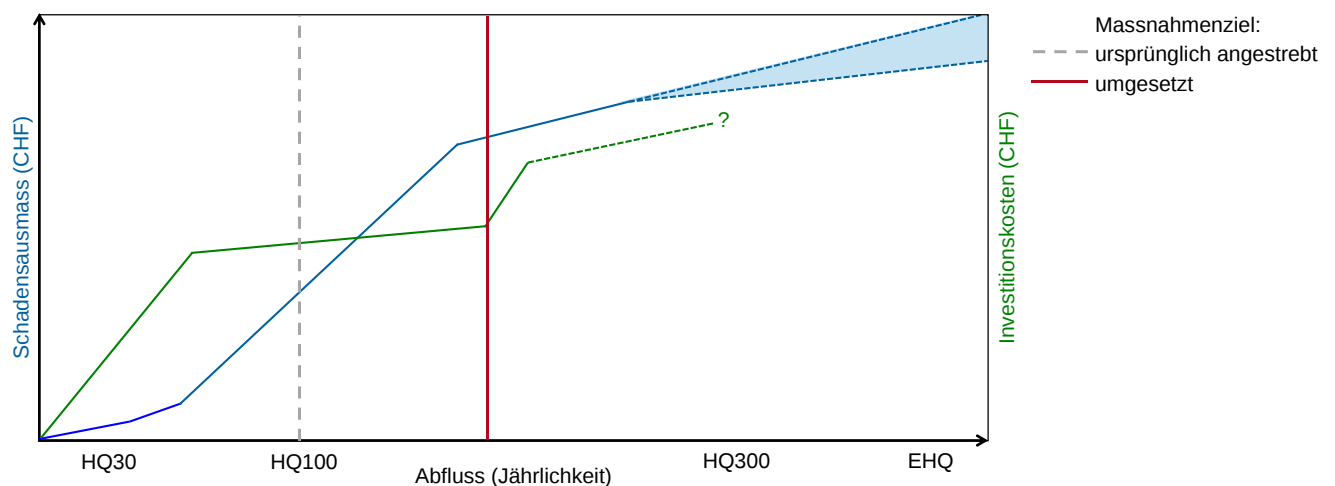
Le rapport entre les coûts supplémentaires pour une meilleure protection et la réduction de l'ampleur des dommages permet de déduire quel objectif de mesure est judicieux et doit être visé :

Selon la PLANAT, «Il est permis d'atteindre un niveau de sécurité supérieur à celui qui était visé, pour autant que cela soit justifié d'après les critères du développement durable. Le risque résiduel accepté est endossé.» [12]

Des dommages potentiels élevés, des mesures faisables et proportionnelles et un rapport coût-efficacité favorable peuvent justifier un renforcement de la protection contre les crues (p. ex. Sihl, Zurich et Some, Delémont). Avec des coûts supplémentaires relativement faibles, l'ampleur des dommages peut être considérablement réduite (cf. fig. 48). Parallèlement, les conditions cadres permettent aussi d'augmenter l'objectif de la mesure.

Fig. 48 > Ampleur des dommages et coûts d'investissement de plans de protection contre les crues en fonction du débit

Des coûts supplémentaires peu élevés peuvent considérablement réduire l'ampleur des dommages.

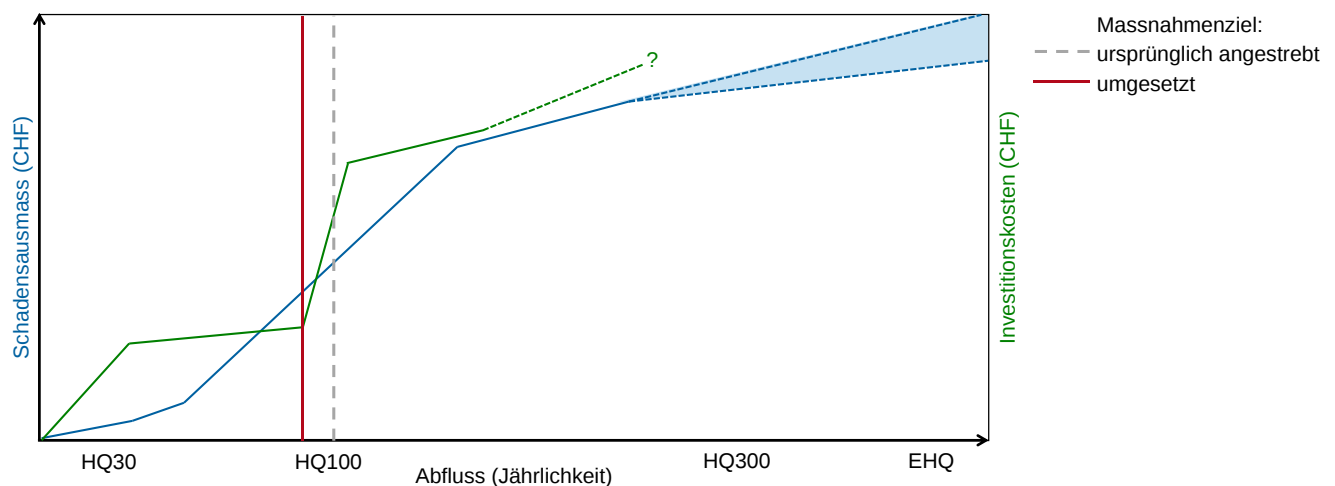


Mais la PLANAT indique aussi clairement que «Dans certains cas bien fondés, le niveau de sécurité atteint peut aussi être inférieur à celui qui était visé; un risque résiduel supérieur est acceptable lorsqu'il est impossible d'atténuer le risque en appliquant des mesures durables.» La protection des personnes a la priorité absolue. [12]

Comme le mentionnent les Directives de l'OFEG «Protection contre les crues des cours d'eau», «s'il est constaté qu'un projet donné occasionne des coûts ou des interventions excessifs, on doit généralement adapter les objectifs de protection ou les affectations du sol relatives.» [4]. Un tel cas de figure se présente notamment lorsqu'un faible gain de sécurité génère des coûts élevés (cf. fig. 49).

Fig. 49 > Ampleur des dommages et coûts d'investissement des plans de protection contre les crues en fonction du débit

Un faible gain de sécurité peut générer des coûts élevés.



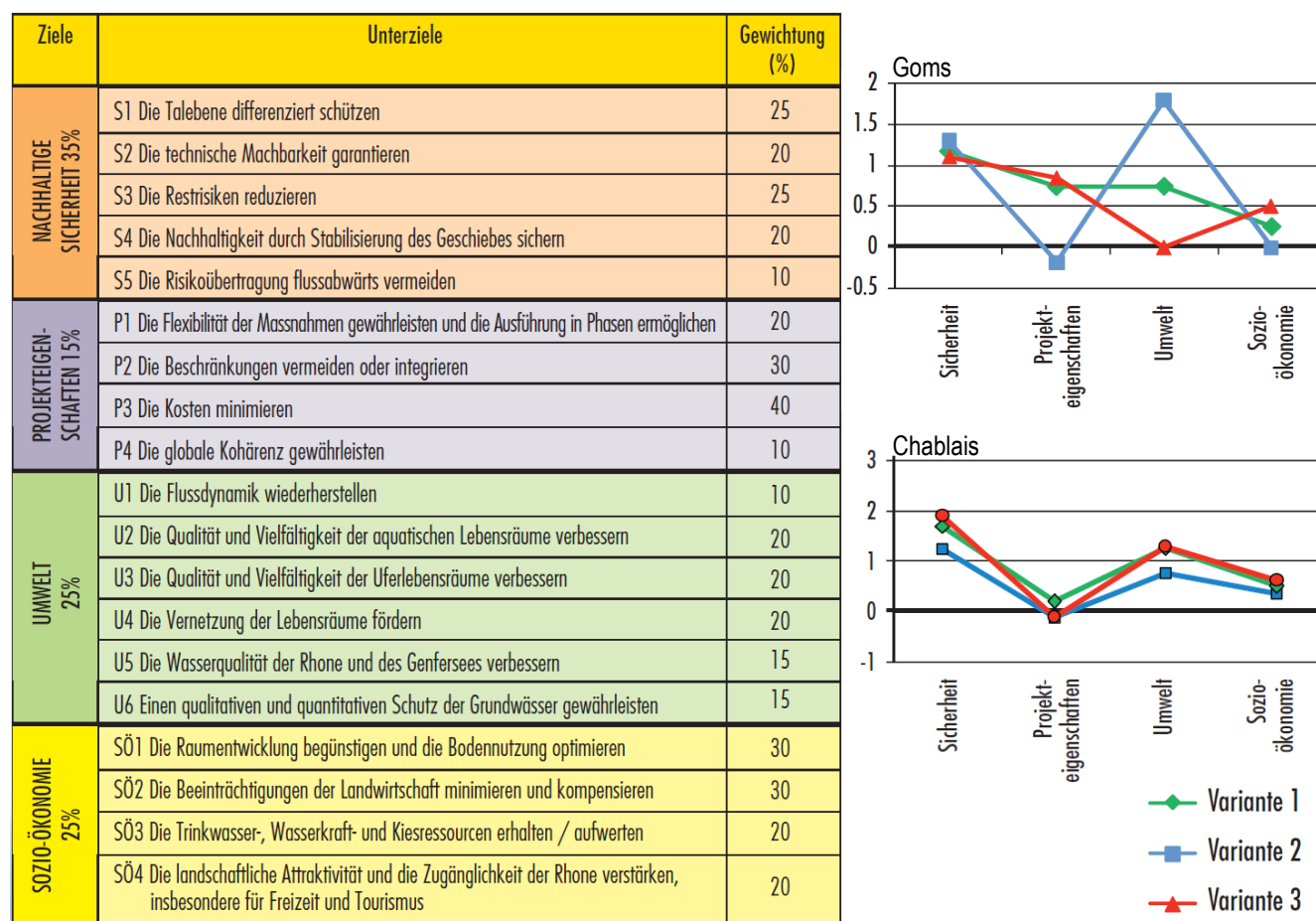
xxvi. Appréciation la plus objective et claire possible des variantes selon différents critères

Des objectifs de mesures purement axés sur l'efficacité des coûts ne sont pas basés sur les risques, peuvent être problématiques en termes de développement durable et ne sont pas non plus défendables juridiquement [7]. Sur le plan du développement durable, les objectifs de mesures doivent être évalués selon différents critères, les plus objectifs possibles et dans divers domaines, p. ex. coût, atteinte du degré de protection, faisabilité technique, popularité, intégration dans le paysage et le site, capacité à être autorisé, impact environnemental et développement durable (cf. fig. 50).

Le choix et la pondération des critères d'évaluation ont une forte influence sur l'appréciation des variantes. De plus, ces critères sont généralement spécifiques aux protagonistes et à la zone. On a donc renoncé à présenter une liste de critères concrète dans la présente publication.

Fig. 50 > Appréciation des variantes suivant l'exemple du Rhône

Générale (à gauche) et à l'aide de deux exemples concrets. En haut à droite: variantes fortement éloignées les unes des autres (vallée de Conches); en bas à droite: variantes peu divergentes les unes des autres (Chablais). [29]



xxvii. Intégration de mesures dans le paysage et le site

La population est généralement d'autant mieux disposée à accepter certaines mesures de construction que celles-ci modifient peu l'état initial ou qu'elles s'intègrent bien dans le paysage et le site (cf. fig. 51).

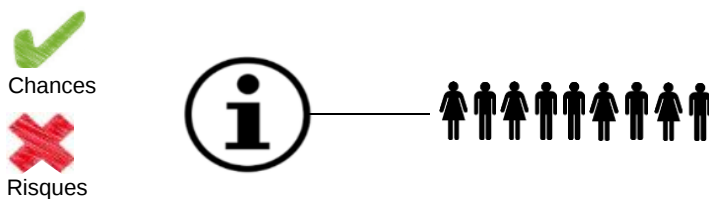
Fig. 51 > Nouveau pont de Vals, commune de Vals (12.8.2009) [17]



xxviii. Information réfléchie sur les chances et les risques

Tous les protagonistes impliqués dans la procédure de définition d'objectifs de mesures doivent savoir qu'en matière de protection contre les crues il n'existe pas de solutions miracles (des mesures peu coûteuses qui garantissent la protection intégrale et ne nécessitent aucun entretien). Les objectifs des mesures sont le fruit d'une procédure d'optimisation basée sur les chances et les risques.

Fig. 52 > Information sur les chances et les risques

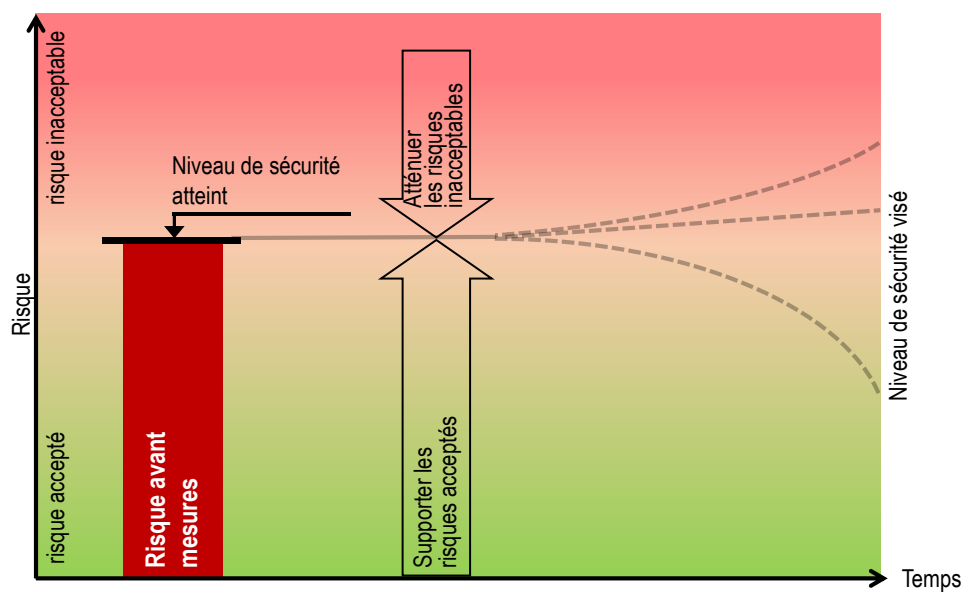


xxix. Recherche de flexibilité

Le niveau de sécurité à atteindre et les objectifs de mesures ont été définis sur la base des besoins actuels et futurs connus des protagonistes intéressés. Ces besoins évoluent dans le temps et au sein des entités assumant une responsabilité ou un risque. Ainsi, les mesures doivent être aussi flexibles que possible pour répondre à l'évolution future et aux besoins constamment changeants en matière de sécurité.

Fig. 53 > Scénarios d'évolution possibles du niveau de sécurité visé (selon [12])

Le niveau de sécurité visé pour une zone précise peut être renforcé à long terme mais aussi abaissé – p. ex. suite à un changement d'affectation.



6 > Synthèse

Un projet de protection contre les crues global intègre non seulement des mesures d'aménagement des cours d'eau mais aussi d'aménagement du territoire (incluant les procédures d'octroi de permis de construire) et de maintenance ou d'intervention – c'est-à-dire une combinaison de différents types de mesures. Les objectifs définis pour les différents types de mesures doivent se focaliser sur divers points:

Tab. 12 > Objectifs généraux des différents types de mesures

Types de mesure	Objectifs de mesures visant principalement à réduire...
Mesures constructives • Protection collective • Protection objets	• la menace • la vulnérabilité
Mesures d'aménagement du territoire	• la vulnérabilité, l'augmentation de la valeur
Mesures d'organisation	• la menace, la vulnérabilité
Mesures d'intervention	• la menace, la vulnérabilité
Mesures biologiques et écologiques	• la menace

L'ensemble des projets étudiés se composent d'une combinaison de mesures diverses (cf. tableau 13). Même si les mesures collectives constituent une composante essentielle de tous les projets, elles sont partout complétées d'autres mesures. Dans les secteurs à fort potentiel de dommages notamment (principalement les zones urbaines), on privilégie des mesures robustes et, par conséquent, souvent constructives.

Tab. 13 > Mesures planifiées ou mises en œuvre dans les projets de protection contre les crues étudiés

Type de mesure	Mesures planifiées et contribution au projet		
	Mesure principale	Complément	Maintenance
Mesures de construction	Protection collective	▲	
	Protection objets	■▲◆●●▲■	
Mesures d'aménagement du territoire	▲■	■◆●▲■	
Mesures d'organisation		●●■	■●▲◆●●▲■
Mesures d'intervention	▲	■●▲◆●●■	
Mesures biologiques et écologiques	■	▲◆▲	

■ Mortivue ● Mutzbach ▲ Aa d'Engelberg ◆ Rhin de Vals
 ■ Some, Delémont ● Sihl, Zurich ▲ Aar, Berne ■ Rhône

Comme le montre la procédure décrite au chapitre 4, les conditions cadres influent considérablement sur le choix des mesures. Les conditions cadres dépendent beaucoup du site et du contexte et ne peuvent pas être directement transposées à d'autres situations ou secteurs. Le tableau 14 montre les raisons qui ont motivé le choix des mesures pour

les cas étudiés. Comme il n'y a pas de variante parfaite sans risques, les raisons qui ont conduit au choix des mesures ne sont pas absolues, elles doivent être comparées à d'autres variantes.

Tab. 14 > Principales raisons ayant motivé le choix des mesures

Cours d'eau		Principales raisons pour le choix des mesures									
		Rapport coût-efficacité	Coût de la mesure	Besoin d'espace minimale	Fiabilité	Opinion publique	Gain de sécurité	Protection de biens de grande valeur	Préservation du site	Préservation de l'environnement	Développement durable
Mortivue	■	x			x						
Mutzbach	●						x	x	x		
Aa d'Engelberg	▲	x	x		x			x			
Rhin de Vals	◆						x	x	x		
Some, Delémont	■			x			x	x	x	x	
Sihl, Zurich	●	x		x	x		x	x	x	x	
Aar, Berne	▲	x	x			x	x	x	x		
Rhône	■			x				x	x		x

Les mesures choisies permettent d'atteindre le niveau de sécurité visé dans tous les exemples étudiés. Les objectifs de mesures ont néanmoins été ajustés. Ils ont été abaissés surtout par des conditions restrictives (p. ex. de protection de la nature ou du site ou en raison d'un rapport coût-utilité désavantageux). En revanche, le relèvement des objectifs des mesures et du projet a été basé sur des considérations de risques (p. ex. lorsque de faibles surcoûts permettaient de réduire significativement des dommages potentiels ou lorsque l'ampleur des dommages n'était pas acceptable). Le maintien durable du niveau de sécurité atteint grâce à un projet de protection contre les crues (après les mesures) représente un grand défi. Dans tous les exemples, il est garanti notamment par l'entretien des cours d'eau, une utilisation du sol basée sur les risques, l'emploi et l'examen régulier de plans d'urgence et la responsabilisation des particuliers et décideurs politiques (cf. tableau 15).

Tab. 15 > Mesures de maintien durable du niveau de sécurité «après des mesures»

Type de mesure	Mesures planifiées	Description
Mesures de construction		
Protection collective	-	
Protection des objets	privé	Responsabilité propre de la population, conseil fourni par la commune et les assurances
Mesures d'aménagement du territoire	■ ● ▲ ◆ ■ ● ▲ ◆	Réduction de la hausse des dommages potentiels par un aménagement du territoire adapté et des restrictions d'utilisation
Mesures d'organisation	■ ● ▲ ◆ ■ ● ▲ ◆	- Entretien des cours d'eau - Entretien des mesures de construction - Information, conseil et sensibilisation de la population et des décideurs politiques - Formation du personnel spécialisé
Mesures d'intervention	■ ● ▲ ◆ ■ ● ▲ ◆	Emploi et examen périodiques de plans d'urgence
Mesures biologiques et écologiques	■	Examen régulier de l'écologie

■ Mortive ● Mutzbach ▲ Aa d'Engelberg ◆ Rhin de Vals
 ■ Sorne, Delémont ● Sihl, Zurich ▲ Aar, Berne ■ Rhône

Outre le maintien à long terme du niveau de sécurité atteint la situation de surcharge a été intégrée à la planification des mesures de protection contre les crues dans le cadre d'une gestion des risques résiduels dans toutes les études de cas; cela afin de prévenir une défaillance totale du système de protection contre les crues entraînant des inondations incontrôlées.

Le tableau 16 montre ce qui a été réalisé ou planifié dans les différents cas pour minimiser les risques résiduels. Jusqu'à la mise en œuvre d'un projet de protection contre les crues, la réduction des dommages en cas de surcharge doit être assurée autant que possible par la planification et l'organisation d'interventions d'urgence. Pour réduire au mieux le risque pour les personnes, les biens de grande valeur et l'environnement pendant l'exécution de projets (Sorne, Delémont; Sihl, Zurich; Aar, Berne; Rhône), les travaux des principaux projets ont été classés par ordre de priorité en se basant sur le potentiel de dommages existant et mis en œuvre ou planifiés de manière échelonnée dans le temps.

Tab. 16 > Gestion des risques résiduels

Cours d'eau		Gestion des risques résiduels									
		Planification d'interventions d'urgence axée sur les événements	Formation de forces d'intervention	Information régulière sur les dangers existants et règles de conduite	Conseil et soutien pour l'élaboration de plans d'urgence privés	Conseil et renvoi à des mesures privées de protection des objets	Prescriptions en matière de construction dans les zones de danger	Mise en place de mesures mobiles	Ouvrages conçus pour être submersibles (digues)	Dégagement de la zone d'inondation ou du couloir d'évacuation	Digues secondaires
Mortivue	■	x	x				x				
Mutzbach	●	x	x				x	x			
Aa d'Engelberg	▲	x	x			x	x		x	x	x
Rhin de Vals	◆	x	x			x	x			x	
Some, Delémont	■	x	x	x		x	x		x	x	
Sihl, Zurich	●	x	x	x	x	x	x				
Aar, Berne	▲	x	x	x		x	x	x			
Rhône	■	x	x	x		x	x		x	x	x

La procédure présentée aux chapitres 2 et 4 montre de manière schématique comment peut se dérouler la démarche allant de la reconnaissance d'un déficit de sécurité à la recherche d'une solution en passant par la définition d'objectifs de mesures. Cette procédure est générale et donc applicable à des problématiques très diverses. Mais en situation concrète, il faut toujours tenir compte du contexte local et régional. Les enseignements décrits au chapitre 5 peuvent fournir de précieuses indications. Par ailleurs, il est essentiel de ne pas négliger d'autres types de risques (p. ex. autres dangers naturels).

La procédure a été conçue à partir de projets de protection contre les crues. Elle devrait en principe pouvoir être transposée à d'autres processus de dangers naturels (p. ex. avalanches, tempêtes, grêle), puisque le principe de recherche de solution est identique. Toutefois, selon le processus dangereux, d'autres éléments peuvent être importants, notamment lorsque il n'y a plus de rapport avec le site (p. ex. pour le vent ou la grêle). Des études de cas supplémentaires peuvent combler cette lacune.

> Bibliographie

Documents cités

Généraux

- [1] BABS Bundesamt für Bevölkerungsschutz (Hrsg.) 2003: Katastrophen und Notlagen in der Schweiz. Eine Risikobeurteilung aus der Sicht des Bevölkerungsschutzes. Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Bern.
- [2] OFPP Office fédéral de la protection de la population la Confédération (éd.) 2013: Catastrophes et situations d'urgence en Suisse. Rapport sur les risques 2012. Office fédéral de la protection de la population la Confédération, Berne.
- [3] OFEV 2012: Répartition des tâches entre les assurances et les pouvoirs publics dans le domaine des dangers naturels. Rapport de synthèse. Office fédéral de l'environnement, Berne.
- [4] OFEG 2001: Protection contre les crues des cours d'eau. Directives de l'OFEG. OFEG Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne.
- [5] OFEG 2003: Dictionnaire de la protection contre les crues. Haupt-Verlag, Berne.
- [6] OFEG 2005: Recommandation Aménagement du territoire et dangers naturels. Office fédéral des eaux et de la géologie, Bienne.
- [7] Hepperle E. 2008: Mandat de protection et subventions en matière de dangers naturels. In: OFEV (éd.). Connaissance de l'environnement n° 0821. OFEV Office fédéral de l'environnement, Berne.
- [8] Hess J. Th. 2011: Schutzziele im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz. vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich.
- [9] Hostmann M. et al. 2005: Planification concertée des projets d'aménagement de cours d'eau. Manuel pour la participation et la prise de décision dans les projets d'aménagement de cours d'eau. Eawag, Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH, EPFL Lausanne) et Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW, ETH Zurich), Zurich.
- [10] PLANAT 2009: Stratégie «dangers naturels» Suisse. Réalisation du plan d'action PLANAT 2005–2008. Guide du concept de risque. PLANAT Plate-forme nationale «dangers naturels», Berne.
- [11] PLANAT 2012: «Boîte à outils» Dialogue sur les risques naturels. Conseils et aides pratiques pour informer sur les dangers naturels. Pour les autorités et les organes spécialisés. www.planat.ch/fr/boite-a-outils-dialogue-risques/, mise à jour: 8.12.2014

[12] PLANAT 2013: Stratégie «dangers naturels» Suisse. Niveau de sécurité face aux dangers naturels. PLANAT Plate-forme nationale «dangers naturels», Berne.

[13] PLANAT 2014: Stratégie «dangers naturels» Suisse. Aménagement du territoire fondé sur les risques. Rapport de synthèse de deux planifications test au niveau du plan d'affectation communal. Plate-forme nationale «dangers naturels», Berne.

[14] PLANAT 2015: Strategie Naturgefahren Schweiz. Sicherheitsniveau für Naturgefahren. Materialien. Eine Sammlung von Unterlagen, welche die PLANAT zur Erarbeitung ihrer strategischen Empfehlung beigezogen respektive erarbeitet hat. PLANAT Nationale Plattform für Naturgefahren, Bern.

Mortivue

[15] WSL 2008: Torrent La Mortivue bei Samesales [sic!]. Bericht zur Murganggefährdung. WSL Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

Mutzbach

[16] Gemeinde Seeberg 2012: site Internet de la commune de Seeberg. www.seeberg.ch, état: 17.02.2015.

Rhin de Vals

[17] Gemeinde Vals 2002–2009: Varia. Das Informationsblatt der Gemeinde Vals. Commune de Vals, Vals.

Sorne, Delémont

[18] BG Ingenieure, Berater 2010a: Delémont Marée Basse. EconoMe. Dommages potentiels et rentabilité des variantes de gestion des crues. Gemeinde Delémont, Delémont.

[19] Commune de Delémont 2014: Delémont marée basse. www.delemont.ch/fr/Administration/Urbanisme-environnement-travaux-publics-UETP/Cours-d-eau/Delemont-maree-basse/DELEmont-maree-basse.html, état: 30.07.2014.

[20] UETP 2010: Conception directrice plan directeur localise. Aménagement de la Sorne et de ses abords. UETP – Service de l'urbanisme, de l'environnement et des travaux publics, Delémont.

Sihl, Zurich

[21] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft 2013: Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat: Integrales Risikomanagement und Massnahmenziel – Konzept. Baudirektion Kanton Zürich, Zürich.

[22] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft und GVZ Gebäudeversicherung des Kantons Zürich (Ed.) 2014a: RAKAZ – Risikoanalyse Kanton Zürich. Technischer Bericht. Egli Engineering AG St. Gallen. Kanton Zürich, Zürich.

[23] AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft und GVZ Gebäudeversicherung des Kantons Zürich (Ed.) 2014b: Risikokarte Kanton Zürich. Egli Engineering AG, St. Gallen. Kanton Zürich, Zürich.

[24] Baudirektion Kanton Zürich 2012: Hochwasserschutz Sihl- und Limmattal – Warnung Vorabsenkung Sihlsee. Informationsveranstaltung vom 4. September 2012. Baudirektion Kanton Zürich, Zürich.

Aar, Berne

[25] Stadt Bern 2008: Hochwasserschutz Aare Bern. Variantenvergleich langfristige Hochwasserschutzmassnahmen. Synthesebericht. Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrund Stadt Bern, Bern.

[26] Stadt Bern 2010: Hochwasserschutz Stadt Bern. Projekthomepage. www.hochwasserschutzbern.ch, Stand: 17.02.2015.

[27] Stadt Bern 2014: Hochwasserschutz Aare Bern. «Gebietsschutz Quartiere an der Aare». Wegleitung zur öffentlichen Mitwirkung/ Zusammenfassung der Massnahmen. Tiefbauamt der Stadt Bern, Bern.

Rhône

[28] Canton du Valais 2008: Troisième correction du Rhône. Sécurité pour le futur. Rapport de synthèse du plan d'aménagement. Canton du Valais.

[29] Canton du Valais 2014: Protection contre les crues du Rhône. Site officiel du canton du Valais. www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=806&Language=de, état: 02.09.2014.

Autres bases d'études de cas

Générales

OFEV 2010: EconoMe 2.0. Programme de calcul en ligne du caractère économique des mesures de protection contre les dangers naturels. Manuel / documentation. Office fédéral de l'environnement, Berne.

OFEV 2014 Données et bases hydrologiques. OFEV Office fédéral de l'environnement. www.bafu.admin.ch/hydrologie/index.html?lang=de, état: 28.07.2014.

Bründl M. (Ed.) 2009: Guide du concept de risque. PLANAT Plateforme nationale «Dangers naturels», Berne.

Tribunal fédéral 2006: arrêt du Tribunal fédéral 1A 157/2006. www.polyreg.ch/bgeunpub/Jahr_2006/Entscheide_1A_2006/1A.157_2006.html, état: 17.11.2014.

Tribunal fédéral 2008 arrêt du Tribunal fédéral 1C 148/2008. www.polyreg.ch/d/informationen/bgeunpubliziert/Jahr_2008/Entscheide_1C_2008/1C.148_2008.html, état: 17.11.2014.

Norer R. 2013: Vergleich des Hochwasserschutzrechts der EU und der Schweiz. Gutachten im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Universität Luzern, Luzern.

Zaugg M., Ejderyan O., Geiser U. 2004: Normen, Kontext und konkrete Praxis des kantonalen Wasserbaus. Resultate einer Umfrage zu den Rahmenbedingungen der kantonalen Ämter oder Fachstellen für

Wasserbau bei der Umsetzung der eidgenössischen Wasserbaugesetzgebung.

Mortivue

Gex, Dorthe ingénieurs sàrl 2011: Ruisseau de la Mortivue à Semsales. Mesures de protection contre les laves torrentielle. Rapport technique au dossier complet. État de Fribourg, Section lacs et cours d'eau. Commune de Semsales.

État de Fribourg 2005: Concept de mesures de protection contre les laves torrentielles de le Mortivue à Semsales. Rapport final. Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion Kanton Freiburg.

Kanton Fribourg 2011: Botschaft Nr. 279 des Staatsrats an den Grossen Rat zum Dekretsentwurf über einen Beitrag an das Ausbauprojekt für die Mortivue auf dem Gebiet der Gemeinde Semsales.

Mutzbach

Kissling, Zbinden AG 2012: Hochwasserschutz Mutzbach Riedtwil und Önz Bollodigen. Vorprojekt. Technischer Bericht. Einwohnergemeinde Seeberg und Bettenhausen.

Kissling, Zbinden AG 2010: Hochwasserschutz Gemeinde Seeberg. Mutzgrabe, Chrümelbach, Spiegelbergbach. Technischer Bericht. Oberingenieurkreis I.V. Tiefbauamt des Kantons Bern.

Aa d'Engelberg

BAFU, WSL 2008: Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 2 – Analyse von Prozessen. Massnahmen und Gefahregrundlagen. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Bern, Birmensdorf.

OFEG 2004: Stanserboden: Grâce à une protection globale contre les crues, le développement durable est assuré. Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), Berne.

EAWAG 2006: Hochwasserschutz – eine Herausforderung. Eawag News 61d / März 2006. Eawag, Zürich.

Schmocker L., Anhorn K., Weitbrecht V. 2010: Kombiniertes Geschiebe- und Holzrückhalt an der Engelberger Aa. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), Zürich.

Schmocker L., Anhorn K., Weitbrecht V. 2012: Kombiniertes Geschiebe- und Holzrückhalt an der Engelberger Aa. In: Wasser, Energie, Luft 3–2012. Hochwasser, Wasserschutz, Klimaschutz. Wasser Energie Luft, Baden.

sia-BWL 2005: Hochwasserschutzprojekt Engelberger Aa: Schutzprojekt schafft Naherholungsgebiet. In: revue spécialisée Géomatique Suisse: géoinformation et gestion du territoire. 1/2005. sia- groupe professionnel sol/air/eau (sia-BWL), Thalwil.

Tiefbauamt Nidwalden 2009: Integrales Risikomanagement am Beispiel Engelberger Aa. Tiefbauamt Kanton Nidwalden, Stans.

Tiefbauamt Nidwalden 2012a: Risikoübersicht. Überarbeitete Kurzdokumentation zu ausgewählten Fallbeispielen in Nidwalden in Risk-Plan. Tiefbauamt Kanton Nidwalden, Stans.

Tiefbauamt Nidwalden 2012b: Wirksamkeit der Notfallplanung als Beitrag zum integralen Hochwasserschutz. Tiefbauamt Kanton Nidwalden, Stans.

Willi H.P., Eberli J. 2006: Differenzierter Hochwasserschutz an der Engelberger Aa. In: TEC212 006, Ausgabe 36. TEC21, Zürich. S.4–7.

Rhin de Vals

Horat, Scherrer AG 2000: Die Hochwasser des Valser Rhein und der Einfluss des Zervreila-Stausees. Gemeinde Vals, Vals.

Hubert-Christoffel F. 2003–2013: Valser Chronik. Vals.

Hunziker Zarn, Partner, IM Ingenieurbüro Maggia AG 2002: Wassergefahrenstudie Vals. Notfallkonzept. Kanton Graubünden und Gemeinde Vals, Vals.

Hunziker Zarn, Partner, IM Ingenieurbüro Maggia AG 2002: Wassergefahrenstudie Vals. Technischer Bericht. Kanton Graubünden und Gemeinde Vals, Vals.

Hunziker Zarn, Partner, IM Ingenieurbüro Maggia AG 2002: Gerinnenausbau Valser Rhein im Dorfbereich Vals. Technischer Bericht zum Vorprojekt. Kanton Graubünden und Gemeinde Vals, Vals.

Hunziker Zarn, Partner, IM Ingenieurbüro Maggia AG 2004: Gerinnenausbau Valser Rhein und Peilerbach im Dorfbereich Vals. Technischer Bericht. Kanton Graubünden und Gemeinde Vals, Vals.

Hunziker Zarn, Partner 2009: Wassergefahren Valser Rhein. Projekt Nr. a-096.2. Amt für Wald Graubünden, Region Surselva, Donat/Ems.

Imhof M., Theiler M., Rupf M. 2008: Hochwasserschutz Vals. Studienarbeit Hochwasserschutz. Professur für Wasserbau ETH Zürich, Zürich.

Internationale Rheinregulierung IRR 2011: Hochwasserschutz in Vals. Wildbachbereinigung im schweizerischen Einzugsgebiet des Rheins. 31. August 2011. Gemeinde Vals und Tiefbauamt Graubünden, Vals.

Sorne, Delémont

BAFU 2009: Mehrwert naturnaher Wasserläufe. Untersuchung zur Zahlungsbereitschaft mit besonderer Berücksichtigung der Erschliessung für den Langsamverkehr. In: Connaissance de l'environnement. 12/09. Office fédéral de l'environnement, Berne.

BG Ingénieurs Conseils SA 2010b: Delémont Marée Basse. Résumé. Robustesse du système et gestion du cas de surcharge. Commune de Delémont, Delémont.

CSD Ingénieurs 2013: Ville de Delémont. Aménagement de la Sorne et des abords – Delémont marée basse: secteur central aval – morépoint amont. Rapport d'impact sur l'environnement. CSD, Ingénieurs, Porrentruy.

Gerber F. 2013: La revitalisation de la Sorne en amont de Delémont. In: Ingenieurbiologie. Ingenieurbiologie im Jura, Mitteilungsblatt Nr.1, April 2013. Verein für Ingenieurbiologie, Wädenswil. S. 56–61.

Canton du Jura. Département de l'environnement et de l'équipement 2011: Prévention des dangers naturels. Prise en compte dans l'aménagement local. Kanton Jura, Delémont.

Sihl, Zurich

Denzler L. 2011a: Unberechenbare Sihl. In: TEC212 011, Ausgabe 17–18. Frühwarnung. TEC21, Zürich. S.18–23.

Denzler L. 2011b: Hochwasserschutz für Zürich. In: TEC212 011, Ausgabe 17–18. Frühwarnung. TEC21, Zürich. S.24–27.

Kuhn B. 2013: Hochwasserschutz in der Stadt Zürich. Hochwasserrisiko & Aufgaben. Infoveranstaltung Hochwasserschutz, 13. November 2013. Tiefbauamt Stadt Zürich, Zürich.

Oplatka M. 2013: Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat. Infoveranstaltung Hochwasserschutz, 13. November 2013. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich.

Aar, Berne

Geimderat Bern 2012a: Vortrag des Gemeinderats an den Stadtrat. Hochwasserschutz Aare Bern: Wasserbauplan Gebietsschutz Quartiere an der Aare; Projektierungskredit (Abstimmungsbotschaft). Bern.

Geimderat Bern 2012b: Vortrag des Gemeinderats an den Stadtrat. Langfristige Hochwasserschutz-Massnahmen an der Aare (Etape 5a): Nachhaltige Variante, Projektstudie; Berichterstattung und Grundsatzentscheid zum weiteren Vorgehen. Bern.

Möller G., Weitzbrecht V., Nussle D. 2009: Matteschwelle Bern – Erkenntnisse zur Hochwassersicherheit aus hydraulischen Modellversuchen. In: Wasser, Energie, Luft 2–2009. Hochwasser, Wasserschutz, Klimaschutz. Wasser Energie Luft, Baden.

Stadt Bern 2012: Medienkonferenz «Hochwasserschutz Aare Bern» vom Dienstag, 24. Januar 2012. Hochwasserschutz «Matte»: «Nachhaltige Variante». Rechtliche Beurteilung von Dr. Karl Ludwig Fährländer, Fürsprecher. Direktion für Tiefbau Verkehr und Stadtgrün der Stadt Bern, Bern.

Rhone

OFEV 2014: 3^e correction du Rhône.
www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01916/10139/10140/index.html?lang=de, état: 15.09.2014.

Canton du Valais 2006: Plan sectoriel 3^e correction du Rhône. Canton du Valais.

Canton du Valais et canton de Vaud 2010: Rapport intermédiaire sur l'information / la consultation publique de l'avant-projet du Plan d'aménagement (PA-R3) et du Plan sectoriel Vaud (PS-R3 VD) de la 3^e correction du Rhône (mai à septembre 2008). État: avril 2010. Canton du Valais et canton de Vaud, Sion et Lausanne.

> Répertoire

Abréviations

OFEV

Office fédéral de l'environnement

OFEG

Office fédéral des eaux et de la géologie (aujourd'hui OFEV)

SIG

Système d'information géographique

ISOS

Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse

PLANAT

Plate-forme nationale «Dangers naturels»

UNESCO

Organization United Nations Educational, Scientific and Cultural
(Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture)

Figures

Fig. 1

Positionnement de l'étude dans le système de gestion des risques 12

Fig. 2

Procédure pour atteindre le niveau de sécurité visé dans le domaine des dangers naturels (PLANAT), notamment des crues (présente publication) (selon [12]) 13

Fig. 3

Études de cas analysées dans toute la Suisse 16

Fig. 4

Phases de la procédure de définition d'objectifs de mesures 19

Fig. 5

Positionnement des phases de la procédure lors de la définition d'objectifs de mesures dans une planification intégrée des mesures avec l'exemple de projets de protection contre les crues [4] 20

Fig. 6

Déroulement et étapes de la procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques 22

Fig. 7

Déroulement et étapes de la procédure 23

Fig. 8

Déroulement de la procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Bases» 25

Fig. 9

Représentation simplifiée d'une organisation de projet pour la définition d'objectifs de mesures ou pour des projets de protection contre les crues 30

Fig. 10

Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Analyse des risques» 31

Fig. 11

Démarche lors de la définition des objectifs de mesures: examiner le risque (selon [12]) 32

Fig. 12

Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Appréciation des risques» 36

Fig. 13

Matrice des objectifs de protection destinée à la prévention par la gestion du territoire selon la recommandation de l'OFEG 2005 [6] 37

Fig. 14

Définition de l'objectif de protection (selon [12]) 39

Fig. 15

Identification des conditions cadres (selon [12]) 40

Fig. 16

Définition de l'objectif du projet (selon [12]) 41

Fig. 17

Procédure de définition d'objectifs de mesures basée sur les risques – phase «Conception des mesures» 42

Fig. 18

Élaboration de diverses ébauches de solutions, comparaison des objectifs de mesures (selon [12]) 43

Fig. 19

Sélection d'une ébauche de solution et définition des objectifs de mesures (selon [12]) 44

Fig. 20

Réduction progressive du risque par des mesures cantonales de protection contre les crues sur la Sihl à Zurich 46

Fig. 21

Procédure globale de définition d'objectifs de mesures (selon [12]) 47

Fig. 22 Déroulement de la procédure avec questions et enseignements	50	Fig. 38 Analyse des risques avant les mesures sur la Sorne à Delémont. Calcul du risque quantifié avec EconoMe [18]	65
Fig. 23 Extrait des bases relatives au projet de protection contre les crues sur la Mortivue [16]	52	Fig. 39 Identification des objectifs et conditions cadres avec l'ensemble des protagonistes intéressés	66
Fig. 24 Crue de l'Aar à Berne, août 2005 [27]	53	Fig. 40 Objectifs selon l'exemple de la Sorne à Delémont [20]	66
Fig. 25 Classification des protagonistes et composition de l'équipe	54	Fig. 41 Protagonistes assumant le risque résiduel (par mesure) (selon [12])	67
Fig. 26 Implication du célèbre architecte Peter Zumthor dans la construction du nouveau pont sur le Rhin de Vals	55	Fig. 42 Appel à la participation: exemple de questionnaire pour le Mutzbach [16]	68
Fig. 27 Information sur la 3 ^e correction du Rhône [29]	55	Fig. 43 Élaboration d'ébauches de solutions basée sur les risques	69
Fig. 28 Représentation schématique de l'organisation du projet global «Protection contre les crues sur l'Aar à Berne» [26]	56	Fig. 44 Protection contre les crues prévue sur la Sorne à Delémont, secteur 3 – Blancherie [19]	70
Fig. 29 Planning sommaire d'un projet sur la Sihl à Zurich [24]	57	Fig. 45 Justification claire des décisions et information transparente	71
Fig. 30 Modélisation de la menace de lave torrentielle sur la Mortivue	58	Fig. 46 Visualisation des mesures sur l'Aar à Berne	71
Fig. 31 La zone d'inondation potentielle de la Sihl à Zurich est signalée en rouge	59	Fig. 47 Ampleur des dommages et coûts d'investissement des plans de protection contre les crues (sans tenir compte des dommages dus aux reflux de canalisation et hausse de la nappe souterraine) en fonction du débit de la Sihl [21]	72
Fig. 32 Représentation schématique de la structure de projet avec l'exemple du Rhône: organigramme de la direction technique [28]	60	Fig. 48 Ampleur des dommages et coûts d'investissement de plans de protection contre les crues en fonction du débit	73
Fig. 33 Participation selon l'exemple du Rhône [29]	61	Fig. 49 Ampleur des dommages et coûts d'investissement des plans de protection contre les crues en fonction du débit	73
Fig. 34 Densité d'emplois dans la zone menacée de la Sihl à Zurich [21]	62	Fig. 50 Appréciation des variantes suivant l'exemple du Rhône	74
Fig. 35 Extrait de la carte de risques du canton de Zurich [23]	62	Fig. 51 Nouveau pont de Vals, commune de Vals (12.8.2009) [17]	75
Fig. 36 Surface inondée en fonction du débit de la Sihl avec une augmentation brusque du risque comprise entre 400 et 550 m ³ /s [21]	63	Fig. 52 Information sur les chances et les risques	75
Fig. 37 Ampleur des dommages en fonction du débit de la Sihl (sans tenir compte des dommages dus aux reflux de canalisation et hausse de la nappe souterraine) [21]	64	Fig. 53 Scénarios d'évolution possibles du niveau de sécurité visé (selon [12])	76

Tableaux

Tab. 1	
Périodes de récurrence	16
Tab. 2	
Informations concernant les cours d'eau des études de cas	17
Tab. 3	
Informations concernant le projet	18
Tab. 4	
Événements déclencheurs pour les projets de protection contre les crues des études de cas analysées	18
Tab. 5	
Aperçu des bases possibles pour définir des objectifs de mesures (par ordre alphabétique)	26
Tab. 6	
Groupes de protagonistes importants (selon [11])	27
Tab. 7	
Principaux problèmes identifiés avant le début de la planification des mesures de protection	33
Tab. 8	
Catégories et biens à protéger conformément aux recommandations de la PLANAT [12]	34
Tab. 9	
Définition d'objectifs de protection sur la base de cas concrets	38
Tab. 10	
Conditions cadres possibles pour une planification des mesures	40
Tab. 11	
Niveau de sécurité atteint dans les études de cas grâce à des mesures constructives dans la zone d'habitation	45
Tab. 12	
Objectifs généraux des différents types de mesures	77
Tab. 13	
Mesures planifiées ou mises en œuvre dans les projets de protection contre les crues étudiés	77
Tab. 14	
Principales raisons ayant motivé le choix des mesures	78
Tab. 15	
Mesures de maintien durable du niveau de sécurité «après des mesures»	79
Tab. 16	
Gestion des risques résiduels	80

> Glossaire

Débit (Q)

Volume d'eau qui traverse une section transversale à un moment donné, mesuré en mètres cubes par seconde (m³/s).

Protagoniste

Le terme «protagoniste» englobe toutes les personnes qui sont concernées par un projet ou peuvent être influencées par ce projet. On distingue les entités assumant un risque et les entités assumant une responsabilité.

Probabilité d'occurrence

Probabilité qu'un événement naturel d'une certaine ampleur se produise au cours d'une période donnée.

La probabilité d'occurrence est indiquée en pour cent. À l'inverse, la fréquence comporte des valeurs absolues classées en quatre catégories:

- «fréquent»: tous les ans à tous les 30 ans
- «rare»: tous les 30 à 100 ans
- «très rare»: tous les 100 à 300 ans
- «extrêmement rare»: plus rare que tous les 300 ans

Cadastre des événements

Inventaire systématique, structuré et interprétable des catastrophes naturelles avérées.

Bien de grande valeur

Bien qui représente une valeur élevée pour l'opinion publique (et non du point de vue individuel).

Nappe souterraine

Ensemble des eaux souterraines occupant les vides de la lithosphère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

Protection contre les crues

Ensemble des mesures de protection des personnes et des biens matériels importants contre l'action dommageable des eaux, en particulier celle qui est causée par les inondations, les érosions et les alluvionnements.

HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀

Débits de crue exprimés en m³/s avec des périodes de récurrence de 30, 100 et 300 ans.

Planification intégrée des mesures

Recherche et choix de la combinaison optimale de mesures en vue de ramener les risques existants à un niveau acceptable et de maintenir la sécurité atteinte. La planification intégrée des mesures passe par une pesée des opportunités et des risques tenant compte de tous les aspects du développement durable.

Intensité

Grandeur physique utilisée pour mesurer un événement naturel à un endroit donné; en cas de crue p. ex. combinaison de la hauteur d'eau et de la vitesse du courant.

Carte des intensités

Carte indiquant l'extension spatiale d'un événement naturel d'un temps de retour déterminé, sur laquelle on distingue les divers degrés d'intensité.

Temps de retour

Moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure (cf. période de récurrence).

Efficacité par rapport aux coûts

Rapport entre la réduction du risque annuel et les coûts (coûts du capital résultant des investissements, de l'exploitation et de l'entretien) des mesures nécessaires. Cf. rapport coût-efficacité

Lave torrentielle

Mélange d'eau et de matériaux solides qui coule rapidement ou lentement, souvent en plusieurs bouffées, et dont la proportion de matériaux solides est élevée.

Événement naturel

Processus actif dans la nature, p. ex. l'inondation, l'avalanche, le tremblement de terre ou la vague de chaleur.

Rapport coût-efficacité

Rapport entre la réduction du risque attendue par an et les coûts annuels des mesures. Le rapport coût-efficacité, appelé aussi «efficacité par rapport aux coûts», permet de mesurer la rentabilité de projets et mesures.

Bois flottant

Bois (arbres entiers, troncs, branches, racines) transportés par le courant, qui peuvent provoquer des embâcles.

Scénario

Déroulement présumé d'un processus dangereux.

Victime

Personne qui décède directement à la suite d'un événement. Les coûts marginaux s'élèvent à 5 millions de francs par victime.

Surcharge

Charge (par exemple: débit) qui dépasse nettement les valeurs caractéristiques de mesures de protection prévues.

Inondation

Recouvrement d'un terrain par l'eau et les matériaux solides qui sont sortis du lit du cours d'eau.

Entretien

Ensemble des mesures de maintien de la capacité d'écoulement et de l'efficacité des ouvrages de protection.

Entité assumant une responsabilité

Personne ou institution tenue de maintenir le risque existant à un niveau acceptable et/ou de le ramener à un niveau acceptable.

Embâcle, obstruction

Blocage d'un cours d'eau par des matériaux flottants ou charriés ou par d'autres matériaux, provoquant un remous d'exhaussement.

Vulnérabilité

Sensibilité des personnes ou des biens matériels à un danger naturel; elle est par exemple déterminée par la résistance d'un bâtiment aux inondations.

Période de récurrence

Moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure (cf. temps de retour).

Termes liés au danger**Danger**

État, circonstance ou processus pouvant être à l'origine d'un dommage pour l'homme, l'environnement ou les biens matériels.

Menace

Danger se rapportant très concrètement à une situation précise ou à un objet précis.

Analyse des dangers

Étude qui permet d'identifier et de localiser les dangers possibles et de déterminer leur type, leur extension et leur niveau.

Carte des dangers

Carte établie sur la base de critères scientifiques qui, à l'intérieur d'un périmètre bien défini, contient des indications détaillées portant sur les types de dangers, les degrés ou niveaux de danger (probabilité d'occurrence et intensité) et l'extension spatiale probable des processus dangereux.

Potentiel de danger

Exprime l'intensité et la fréquence auxquelles un danger naturel peut survenir à un endroit donné.

Processus dangereux

Processus naturel pouvant entraîner des dommages.

Niveau de danger

Classification d'un processus dangereux obtenue par combinaison de son intensité et de sa probabilité d'occurrence.

Danger naturel

Tout processus survenant dans la nature pouvant porter atteinte à des personnes, à des biens ou à l'environnement.

Processus à effet de seuil

Processus qui survient uniquement en présence de certaines conditions et qui, par exemple, modifie subitement les débits dans un bassin versant.

Termes liés au risque**Risque acceptable**

Risque considéré comme raisonnablement exigible auprès d'un groupe de personnes en vertu de comparaisons.

Risque accepté

Risque toléré par l'entité qui l'assume en connaissant ses conséquences.

Risque résiduel

Risque subsistant après la réalisation de toutes les mesures nécessaires (par rapport à un scénario choisi). Il comporte des risques consciemment acceptés ainsi que des risques mal évalués ou non identifiés.

Risque

Ampleur et probabilité d'occurrence des dommages susceptibles de survenir. Ces dommages sont notamment exprimés en termes de moyenne annuelle et d'intensité pour une période de retour donnée.

Acceptation du risque

Prédisposition à tolérer un risque.

Analyse des risques

Méthode appliquée pour caractériser et quantifier les risques en fonction de la probabilité d'occurrence d'un événement et de l'ampleur des dommages qu'il est susceptible de causer.

Type de risques

Différents risques analysés, p. ex. risques liés aux biens, risques encourus par les personnes, risques d'approvisionnement, risques aux biens culturels et risques pour l'environnement.

Évaluation des risques / appréciation des risques

Méthode appliquée pour évaluer les résultats de l'analyse des risques en fonction de critères individuels et collectifs afin d'établir s'ils sont acceptables (les termes «évaluation des risques» et «appréciation des risques» sont considérés ici comme des synonymes).

Dialogue sur les risques

Activités de communication entre tous les protagonistes, pratiquées afin de parvenir à la culture du risque inhérente à la stratégie de la PLANAT.

Gestion des risques

Inventaire et évaluation systématique et continue des risques, ainsi que planification, conception et réalisation de mesures destinées à juguler les risques constatés.

Gestion intégrée des risques

Mode de gestion des risques qui considère tous les types de dangers naturels et de mesures et qui implique tous les responsables dans la planification, la conception et la mise en œuvre des mesures, dans une perspective durable des points de vue écologique, économique et social.

Termes liés aux dommages**Dommage matériel**

Dommage causé directement par un événement à des objets tels que les bâtiments, infrastructures et voies de communication. Les coûts marginaux s'élèvent à 1 franc par franc de dommages.

Dommage

Conséquence négative d'un événement naturel.

Ampleur des dommages

Dépend de l'intensité d'un événement ainsi que des valeurs touchées et de leur vulnérabilité.

Potentiel de dommages

Ampleur des dommages possibles maximums dans le périmètre d'investigation pouvant être provoqués par un événement naturel et une action. Le potentiel de dommages est indépendant de la période de récurrence. Souvent, dans le langage courant, «potentiel de dommages» est utilisé comme synonyme d'«ampleur des dommages».

Termes liés à la protection**Déficit de protection**

Mesure des carences en matière de protection. Il y a un déficit de protection lorsque le degré de protection est inférieur à l'objectif de protection.

Bien à protéger

Valeur pour laquelle le risque doit être limité à un niveau acceptable.

Mesure de protection

Mesure mise en œuvre pour atténuer ou supprimer un risque.

Objectifs**Niveau de sécurité visé**

État de sécurité visé conjointement par toutes les entités assumant une responsabilité.

Objectif d'une mesure

Degré de sécurité qu'il est prévu d'atteindre en appliquant une mesure donnée. C'est l'effet de l'ensemble des mesures mises en œuvre qui permet d'atteindre le niveau de sécurité visé.

Objectif de projet

Niveau de sécurité qui doit être atteint avec un certain projet de protection. L'objectif est fixé conjointement en tenant compte du risque et des conditions cadres des entités assumant la responsabilité et le risque et sert de base à la planification des mesures.

Objectif de protection

Niveau de sécurité visé par certaines entités assumant une responsabilité dans leur domaine de compétence. Dans la pratique, les objectifs de protection servent aussi de critères pour évaluer la nécessité de prendre des mesures permettant d'atteindre le niveau de sécurité visé.

Quellen: [4], [5], [11], [12], [14], [21], [22]